

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-179462

(43)Date of publication of application : 27.06.2003

---

(51)Int.Cl. H03H 9/64

H03H 9/145

---

(21)Application number : 2002-326775 (71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 29.01.2001 (72)Inventor : TAKAMINE YUICHI

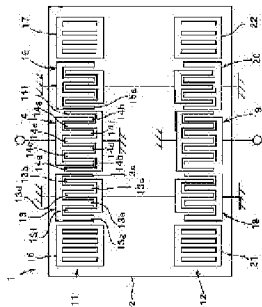
---

(30)Priority

Priority number : 2000116815 Priority date : 18.04.2000 Priority country : JP

---

(54) LONGITUDINALLY COUPLED RESONATOR SURFACE ACOUSTIC  
WAVE FILTER



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a longitudinally coupled resonator surface

acoustic wave (SAW) filter capable of not only achieving, a wider band but also significantly reducing the insertion loss in the passband.

SOLUTION: The longitudinally coupled resonator SAW filter 1 is provided with at least three IDTs (interdigital transducers) 13-15, each having electrode fingers in the propagation direction of an SAW on a piezoelectric substrate 2. In at least one of the IDTs 13-15, the electric finger period of a first portion, which is one part from the end portion of another IDT adjacent in the propagation direction of the SAW, is set different from the electrode finger period of a second portion which is the remaining part of the IDT.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is formed along the surface acoustic wave propagation direction on the piezo-electric substrate and said piezo-electric substrate. It has at least three IDT(s) which have two or more electrode fingers of a book, respectively. The period of the electrode finger of the 1st part which is a part from other IDT side edge sections which adjoin in the surface wave propagation direction in at least one IDT The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter with which it differs from the period of the electrode finger of the 2nd part which is this remaining part of IDT, and wavelength of the surface wave decided by the period of the electrode finger of the 1st and 2nd part is characterized by being  $\lambda_{d1}$  and  $\lambda_{d2}$ , respectively.

[Claim 2] A vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 with the period of the electrode finger of said 1st part smaller than the period of the electrode finger of said 2nd part.

[Claim 3] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 2 whose period of the electrode finger of said 1st part is 0.82 to 0.99 times the period of the electrode finger of said 2nd part.

[Claim 4] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 3 with which the both sides of IDT of a \*\*\*\*\* pair are constituted so that the period of the electrode finger of the 1st part may differ from the period of

the electrode finger of the 2nd part, and abbreviation coincidence of the \*\*\*\*\* electrode finger pitch of IDT of said pair is carried out with  $0.5\lambda_1$ .

[Claim 5] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 3 with which only one side of IDT of a \*\*\*\*\* pair is constituted so that the period of the electrode finger of the 1st part may differ from the period of the electrode finger of the 2nd part, and the \*\*\*\*\* electrode finger pitch of IDT of said pair is characterized by carrying out abbreviation coincidence  $0.25\lambda_1 + 0.25\lambda_2$ .

[Claim 6] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 5 with which an electrode finger pitch [ in / in the electrode finger of the 1st part and the electrode finger of the 2nd part / a \*\*\*\*\* part ] is characterized by carrying out abbreviation coincidence  $0.25\lambda_1 + 0.25\lambda_2$  in IDT carried out if the period of the electrode finger of said 1st part is the 2nd period and \*\* of an electrode finger of a part.

[Claim 7] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 6 characterized by the polarities of the \*\*\*\*\* electrode finger of IDT which has the 1st and 2nd part, and this IDT that adjoins IDT differing.

[Claim 8] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 7 whose number of the sum total of the electrode finger of the 1st part is 18 or less in the both sides of the part which is as \*\*\*\* of IDT of a \*\*\*\*\* pair.

[Claim 9] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 8 characterized by setting to  $\lambda (0.08 + 0.5n) / 2$  ( $0.24 + 0.5n$ ) to  $\lambda_2$  ( $n = 1, 2$  and  $3, \dots$ ) the pitch of the electrode fingers which are not changing the period of IDT of an adjacent pair.

[Claim 10] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 9 characterized by setting to  $\lambda (0.13 + 0.5n) / 2$  ( $0.23 + 0.5n$ ) to  $\lambda_2$  ( $n = 1, 2$  and  $3, \dots$ ) the pitch of the electrode fingers which are not changing the period of IDT of an adjacent pair.

[Claim 11] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according

to claim 1 to 10 which the both sides of IDT of a \*\*\*\*\* pair have said 1st and 2nd part in the surface wave propagation direction, and is characterized by the numbers of the electrode finger of the 1st part in both IDT(s) differing.

[Claim 12] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 11 with which said piezo-electric substrate makes Y shaft orientations rotate LiTaO<sub>3</sub> single crystal in 36 - 44 degrees focusing on the X-axis.

[Claim 13] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 12 with which the thickness of the electrode finger of said 1st part differs from the thickness of the electrode finger of the 2nd part.

[Claim 14] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 13 with which thickness of the electrode finger of said 1st part is made thinner than the thickness of the electrode finger of said 2nd part.

[Claim 15] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 14 which the electrode finger of said 1st part consists of with the split electrode.

[Claim 16] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter with which a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 15 is characterized by carrying out at least two-step cascade connection.

[Claim 17] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 16 carried out if the period of said electrode finger of the 1st part [ in / two or more / the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of at least one stage of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of a stage ] is said the 1st period and \*\* of an electrode finger of a part in the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of other stages.

[Claim 18] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 17 with which the periods of the electrode finger of said 1st part differ in two or more steps of each stage of a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter.

[Claim 19] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 18 by which at least one series resonance child and/or a parallel resonance child are connected to the input side and/or the output side.

[Claim 20] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 19 constituted so that it may have balanced - unbalance I/O.

[Claim 21] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter according to claim 1 to 19 constituted so that it may have balanced - balance I/O.

[Claim 22] The transmitter equipped with a vertical joint resonator surface acoustic wave filter according to claim 1 to 21 as a band-pass filter.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter which has three or more IDT(s) (INTADEJITARUTORANSUDEYUSA) about a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the surface acoustic wave filter is widely used as a band pass filter of RF stage of a portable telephone. Various proposals are made, in order that it may be called for that they are low loss, the high magnitude of attenuation, and a broadband etc. and it may fill these demands with a band pass filter also in a surface acoustic wave filter.

[0003] An example of an approach which attains broadband-ization in a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter is indicated by the following patent reference 1. Here, the approach of arranging resonance mode the optimal is adopted by shifting the conditions with which the electrode finger between \*\*\*\*\* IDT is periodically located in a line, and the electrode finger pitch by which IDT of two \*\*\*\*\* more specifically adjoins in the surface acoustic wave propagation direction from 0.5 times of the wavelength decided by the period of an electrode finger.

[0004]

[Patent reference 1] JP,5-267990,A [0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, if the pitch of a \*\*\*\*\* electrode finger is shifted between \*\*\*\*\* IDT like the above-mentioned patent reference 1 from 0.5 times of the wavelength decided by the period of an electrode finger, in the part, the periodic continuity of a surface acoustic wave propagation path will get worse. When piezo-electric substrates using a leakage surface acoustic wave (Leakey wave), such as the 36 degreeY cut X propagation LiTaO<sub>3</sub> and the 64 degreeY cut X propagation LiNbO<sub>3</sub>, are used especially, loss by radiation of a bulk wave will increase. Consequently, attaining broadband-ization had the problem that an insertion loss became large, even if possible.

[0006] The purpose of this invention cancels the trouble of the patent reference 1 mentioned above, and is to offer the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter which can make the insertion loss in a passband small it not only to be able to to attain broadband-ization, but.

[0007]

[Means for Solving the Problem] According to the large aspect of affairs of this

invention, it is formed along the surface acoustic wave propagation direction on the piezo-electric substrate and said piezo-electric substrate. It has at least three IDT(s) which have two or more electrode fingers of a book, respectively. The period of the electrode finger of the 1st part which is a part from other IDT side edge sections which adjoin in the surface wave propagation direction in at least one IDT It differs from the period of the electrode finger of the 2nd part which is this remaining part of IDT, and the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter whose wavelength of the surface wave decided by the period of the electrode finger of the 1st and 2nd part is  $\lambda_1$  and  $\lambda_2$ , respectively is offered.

[0008] On the specific aspect of affairs with this invention, the period of the electrode finger of the 1st part is made smaller than the period of the electrode finger of the 2nd part. On the more restrictive aspect of affairs of this invention, the period of the electrode finger of the 1st part is 0.82 to 0.99 times the period of the electrode finger of the 2nd part.

[0009] The both sides of IDT of a \*\*\*\*\* pair consist of another specific aspects of affairs of this invention so that the period of the electrode finger of the 1st part may differ from the period of the electrode finger of the 2nd part, and abbreviation coincidence of the \*\*\*\*\* electrode finger pitch of IDT of said pair is carried out with  $0.5\lambda_1$ .

[0010] Only one side of IDT of a \*\*\*\*\* pair consists of other specific aspects of affairs of this invention so that the period of the electrode finger of the 1st part may differ from the period of the electrode finger of the 2nd part, and abbreviation coincidence of the \*\*\*\*\* electrode finger pitch of IDT of said pair is carried out  $0.25\lambda_1 + 0.25\lambda_2$ .

[0011] On other specific aspects of affairs of this invention, abbreviation coincidence of the electrode finger pitch [ in / in the electrode finger of the 1st part and the electrode finger of the 2nd part / a \*\*\*\*\* part ] is further carried out  $0.25\lambda_1 + 0.25\lambda_2$  in IDT carried out if the period of the electrode finger of the 1st part is the 2nd period and \*\* of an electrode finger of a part.



[0012] On still more nearly another specific aspect of affairs of this invention, if the polarity of the \*\*\*\*\* electrode finger of IDT which has the 1st and 2nd part, and this IDT that adjoins IDT is \*\*, it is carried out. On another specific aspect of affairs of this invention, the number of the sum total of the electrode finger of the 1st part is made or less into 18 in the both sides of the part which is as \*\*\*\* of IDT of a \*\*\*\*\* pair.

[0013] On still more nearly another specific aspect of affairs of this invention, the pitch of the electrode fingers which are not changing the period of IDT of an adjacent pair is set to  $\lambda (0.08+0.5n)/2$  ( $0.24+0.5n$ ) to  $\lambda/2$  ( $n= 1, 2$  and  $3, \dots$ ).

[0014] On still more nearly another specific aspect of affairs of this invention, the pitch of the electrode fingers which are not changing the period of IDT of an adjacent pair is set to  $\lambda (0.13+0.5n)/2$  ( $0.23+0.5n$ ) to  $\lambda/2$  ( $n= 1, 2$  and  $3, \dots$ ).

[0015] In the surface wave propagation direction, the both sides of IDT of a \*\*\*\*\* pair have the 1st and 2nd part of the above, and it consists of still more nearly another specific aspects of affairs of this invention so that the numbers of the electrode finger of the 1st part in both IDT(s) may differ.

[0016] In this invention, although especially the piezoelectric material that constitutes the above-mentioned piezo-electric substrate is not necessarily limited, the thing which made Y shaft orientations rotate LiTaO<sub>3</sub> single crystal in 36 - 44 degrees focusing on the X-axis is used preferably.

[0017] The thickness of the electrode finger of said 1st part consists of other specific aspects of affairs of this invention so that it may differ from the thickness of the electrode finger of the 2nd part. In this case, thickness of the electrode finger of said 1st part is preferably made thinner than the thickness of the electrode finger of said 2nd part.

[0018] Moreover, the electrode finger of said 1st part is further constituted from other specific aspects of affairs of this invention by the split electrode. On other specific aspects of affairs of this invention, at least two-step cascade connection

of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning this invention is carried out further. It is made desirable if the period of said electrode finger of the 1st part [ in / two or more / the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of at least one stage of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of a stage ] is said the 1st period and \*\* of an electrode finger of a part in the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of other stages.

[0019] Moreover, on the more restrictive aspect of affairs of this invention, the periods of the electrode finger of said 1st part differ in each stage of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the above-mentioned two or more stages. On other specific aspects of affairs of this invention, at least one series resonance child and/or a parallel resonance child are further connected to the input side and/or the output side.

[0020] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning this invention may be constituted so that it may have balanced - unbalance I/O, and it may be constituted so that it may have balanced - balance I/O.

[0021] The transmitter concerning this invention is equipped with the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter constituted according to this invention as a band-pass filter.

[0022]

[Embodiment of the Invention] By explaining the concrete example of this invention hereafter explains this invention to a detail more.

[0023] Drawing 1 is a schematic-drawing-top view for explaining the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 1st example of this invention. In addition, in this example and the following examples, it is applied to the band pass filter for reception of the cellular phone of an EGSM method. But the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning this invention can be used also as a band pass filter in the portable telephone of other methods, and other communication equipment other than a portable telephone.

[0024] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 1 of this example is constituted by forming the electrode structure shown in drawing 1 with the schematic-drawing-top view on the piezo-electric substrate 2. The piezo-electric substrate 2 is constituted using 36 degreeY cut X propagation LiTaO<sub>3</sub> substrate. But the piezo-electric substrate 2 may be constituted using LiTaO<sub>3</sub> substrate of other crystal orientation, or may be constituted using piezo-electric single crystals, such as other piezoelectric material other than LiTaO<sub>3</sub> substrate, for example, LiNbO<sub>3</sub> substrate, and Xtal, or electrostrictive ceramics.

Furthermore, the piezo-electric substrate 2 may be constituted by forming piezo-electric thin films, such as a ZnO thin film, on an insulating substrate.

[0025] With the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 1 of this example, the electrode structure explained in full detail below by aluminum is formed on the piezo-electric substrate 2. But as an electrode material, the metals or alloys other than aluminum may be used.

[0026] In this example, cascade connection of the 1st and 2nd vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 11 and 12 is carried out. That is, two-step cascade connection of the two vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters 11 and 12 is carried out.

[0027] The surface acoustic wave filters 11 and 12 all have three IDT(s) arranged along the surface wave propagation direction. That is, these surface acoustic wave filters 11 and 12 are 3IDT type vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters. Moreover, the electrode design of the surface acoustic wave filters 11 and 12 is made the same.

[0028] The surface acoustic wave filter 11 has IDT 13-15. And the reflectors 16 and 17 of a grating mold are arranged at the surface-wave propagation direction both sides of a part in which IDT 13-15 is formed. It has the grating mold reflectors 21 and 22 with which similarly the surface acoustic wave filter 12 has also been arranged at the surface-wave propagation direction both sides of the field in which three IDT(s) 18-20 and IDT 18-20 are formed.

[0029] In this example, the end of IDT14 arranged in the center of the surface

acoustic wave filter 11 is used as the input edge, and let IDT19 arranged in the center of the surface acoustic wave filter 12 be an outgoing end. Moreover, the end of IDT 13 and 15 is connected to the end of IDT 18 and 20, respectively. Each IDT 13-15 by the side of reverse and the edge of 18-20 are connected with the edge connected to an I/O edge or both IDT(s) at ground potential so that clearly from drawing 1 .

[0030] In the surface acoustic wave filters 11 and 12, the description of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 1 of this example is set on both sides between \*\*\*\*\* IDT, and some electrode finger pitches of IDT have it in being narrowed rather than the electrode finger pitch of this remaining part of IDT. This is taken to IDT13, between 14 is taken for an example, and it explains more concretely.

[0031] IDT13 and IDT14 are as \*\*\*\* in the surface wave propagation direction. The electrode finger pitch between several electrode fingers 13a and 13b is narrowed from the edge by the side of IDT14 of IDT13 rather than the remaining electrode fingers 13c, 13d, 13e, and 13f and the electrode finger pitch for 13g. Similarly, also in IDT14, the electrode finger pitch between several electrode fingers 14a of the edge by the side of IDT13 and 14b is narrowed rather than the electrode fingers 14c, 14d, 14e, and 14f and the electrode finger pitch for 14g. In addition, in IDT13, use as the 1st part the part by which the electrode finger pitch between two or more electrode fingers 13a and 13b is narrowed as mentioned above from the IDT14 side-edge section, and let the part by which the remaining electrode fingers 13c-13g are arranged be the 2nd part. Thus, with the surface acoustic wave filter 1 of this example, the pitch of two or more electrode fingers is narrowed rather than the pitch of the remaining electrode finger from each IDT side edge section which IDT adjoins.

[0032] In addition, in IDT14 arranged in the center, the 1st part is arranged at the surface wave propagation direction both sides. That is, not only the part in which the electrode fingers 14a and 14b mentioned above are formed but the part in which the electrode finger pitch is narrowed also in the part by which two or more

electrode fingers 14h and 14i of the edge by the side of IDT15 are arranged, therefore the electrode fingers 14h and 14i are formed turns into the 1st part.

[0033] Also in IDT15, the 1st part is constituted like IDT13 at the IDT14 side, and the 2nd part is constituted except the 1st part. Moreover, it is constituted by IDT 18-20 by the side of the surface acoustic wave filter 12 as well as IDT 13-15.

[0034] In addition, in each drawing showing drawing 1 and the electrode structure of the below-mentioned modification or other examples, in order to make illustration easier than the number of actual electrode fingers, the number of electrode fingers is illustrated few.

[0035] Next, the detail of the electrode structure of the surface acoustic wave filter 1 of this example is explained more concretely. Now, wavelength of the surface wave to which the wavelength of the surface wave defined in the electrode finger pitch of the 1st part of the above is set in  $\lambda_1$  and the electrode finger pitch of the 2nd part is set to  $\lambda_2$ .

[0036] Each electrode finger crossover width of face of IDT 13-18 is  $35.8\lambda_2$ , and electrode layer thickness is  $0.08\lambda_2$ . Moreover, the number of the electrode finger of IDT 13-15 is as follows.

[0037] IDT13 -- For 29 numbers of an electrode finger, however the number of the electrode finger of the 1st part, the number of 4 and the electrode finger of the 2nd part is 25. IDT14 -- The number of an electrode finger of 33 numbers of an electrode finger, however the 1st part of both sides is four, respectively, and the number of the electrode finger of the 2nd central part is [  $33-8=25$  ]. IDT15 -- The number of an electrode finger is 29 and the number of 4 and the electrode finger of the 2nd part is [ the number of the electrode finger of the 1st part ] 25. The above  $\lambda_1$  which shows the wavelength of IDT is 3.90 micrometers, and  $\lambda_2$  is 4.19 micrometers.

[0038] The number of the electrode finger of reflectors 16 and 17 is 100, and wavelength  $\lambda_R$  is 4.29 micrometers.

[0039] Moreover, when spacing of the 1st part and the 2nd part takes IDT13 of drawing 1 for an example, it becomes spacing between the core of electrode

finger 13c, and the core of electrode finger 13b, and this spacing is  $0.25\lambda_{d1} + 0.25\lambda_{d2}$ . Also let spacing between the 1st part and the 2nd part in other IDT(s) be the same magnitude. Furthermore, the pitch between spacing between \*\*\*\*\* IDT, for example, \*\*\*\*\* electrode finger 14i of IDT14 and IDT15, and 15a is set to  $0.50\lambda_{d1}$ .

[0040] Furthermore, the mutual electrode finger pitch between IDT 13 and 15, and the outside edge of each spacing with reflectors 16 and 17, i.e., IDT, and the inside edge of a reflector is  $0.50\lambda_{dR}$ .

[0041] Moreover, the duty of 0.73 and a reflector of each duty of IDT 13-15 is 0.55. In addition, duty shows the rate of the width of face of an electrode finger to (spacing between the width-of-face + electrode fingers of an electrode finger) here.

[0042] In addition, it is constituted by each IDT 18-20 and reflectors 21 and 22 of the surface wave filter 12 as well as [ completely ] IDT 13-15 and reflectors 16 and 17. This example has the description for spacing between the 1st and 2nd part and spacing between \*\*\*\*\* IDT to be designed as mentioned above. In addition, although later explained more to a detail, when wavelength differs on 0.50 times of the wavelength of IDT of the perimeter, and both sides of spacing, when maintaining the continuity of IDT, it is desirable [ these spacing / making it spacing which added 0.25 times of such wavelength ].

[0043] For the comparison, the conventional vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter was prepared. The electrode structure of this conventional vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter is shown in drawing 2 . If two sorts of spacing like the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 1 is not prepared but spacing between all electrode fingers removes an equal thing, the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 201 is similarly constituted, so that clearly from drawing 2 . Therefore, about the same part, the detailed explanation is omitted by \*\*\*\*\* which gives the reference number added 200 to the reference number which shows each part of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the above-mentioned example.

With the surface acoustic wave filter 201 prepared for this comparison, the detail of electrode structure was carried out as follows.

[0044] That is, crossover width of face W of IDT213-215,218-220 was set to  $43.2\lambda_{\text{dal}}$ . Moreover, the number of the electrode finger of IDT was carried out as follows. 213,215,218,220--25 IDT(s). 214,219--31 IDT(s).

[0045] For wavelength  $\lambda_{\text{dal}}$  of IDT, 4.17 micrometers and wavelength  $\lambda_{\text{daR}}$  of a reflector are 4.29 micrometers. The number of the electrode finger of a reflector was made into 100, respectively. Moreover, the electrode finger pitch between \*\*\*\*\* IDT-IDT set to  $0.32\lambda_{\text{dal}}$ , and the electrode finger pitch with IDT which adjoins a reflector and a reflector was taken as  $0.50\lambda_{\text{daR}}$ . Furthermore, the duty of IDT and the duty of a reflector presupposed that it is the same as that of an example, and were taken as  $0.08\lambda_{\text{dal}}$  about electrode layer thickness.

[0046] The amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the example prepared as mentioned above and the conventional example was measured. A result is shown in drawing 3. The continuous line of drawing 3 shows the result of an example, and a broken line shows the result of the conventional example. Moreover, the property to which the important section of each amplitude characteristic shown as a broken line and a continuous line was expanded on the scale on the right-hand side of an axis of ordinate is shown collectively.

[0047] With the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 1 of this example, it turns out that the insertion loss in a passband can be improved sharply compared with the conventional example so that clearly from drawing 3. For example, it turns out that it is about 1.7dB in this example, and about 0.6dB has improved to the minimum insertion loss in a passband being about 2.3dB in the conventional example.

[0048] Moreover, in the conventional example, the same bandwidth is obtained from through level from through level in the example at the 3.9dB magnitude of attenuation to the bandwidth of the 4.5dB magnitude of attenuation having been

about 44MHz. That is, when compared in the whole passband, according to the example, compared with the conventional example, only about 0.6dB of insertion losses is improved.

[0049] In this example, the reason which has improved the insertion loss as mentioned above is as follows. In the design of a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter conventional 3IDT type, the electrode finger pitch between \*\*\*\*\* IDT was made into  $0.25\lambda_{\text{IDT}}$  order. This is for forming a passband using three resonance modes which have the peak shown by arrow-head A-C in the frequency characteristics of the surface acoustic wave filter of the conventional example of drawing 4 clarified by changing an impedance into 500 ohms from 50ohms. That is, in the electrode structure shown in drawing 5 , the passband was formed by using the resonance mode (the arrow head C of drawing 4 ) which has the peak of the intensity distribution of a surface acoustic wave in the IDT-IDT spacing part other than the zero-order mode (the arrow head B of drawing 4 ) shown caudad in schematic drawing, and the secondary mode (the arrow head A of drawing 4 ).

[0050] However, since spacing between IDT-IDT was set to  $0.25\lambda_{\text{IDT}}$ , the discontinuous part was to occur in a surface wave propagation path. In a discontinuous part, since the component emitted as a bulk wave increases, the problem that a propagation loss becomes large arises.

[0051] Therefore, in order to make the above-mentioned propagation loss small, spacing between IDT-IDT is set to  $0.50\lambda_{\text{IDT}}$ , and it is thought that what is necessary is just to lose a discontinuous part. However, when spacing between IDT-IDT is set to  $0.50\lambda_{\text{IDT}}$ , it becomes impossible to use the three above modes, and the problem that broadband-ization cannot be attained arises.

[0052] This example is set between \*\*\*\*\* IDT, in order to solve the two above-mentioned problems. While forming a passband using three resonance modes by preparing the 1st and 2nd part of the above, namely, changing an electrode finger pitch partially within IDT By making spacing between IDT-IDT into about 0.50 times of the wavelength of IDT of the both sides of this spacing, it has the



description to have reduced the loss emitted as a bulk wave.

[0053] Moreover, generally, to the wavelength of the surface wave which has spread the inside of a propagation path, when the period of an electrode finger is small, the propagation loss of the surface acoustic wave itself becomes small. Therefore, as mentioned above, in the 1st part, since the electrode finger pitch is made small compared with the 2nd part, the propagation loss of a surface acoustic wave is reduced by it.

[0054] Therefore, as shown in drawing 3, in spite of having the same pass band width as the conventional example in which broadband-ization was attained, the insertion loss in a passband can be made remarkably small compared with the conventional example.

[0055] The invention-in-this-application person examined whether a better result could be obtained, when making the electrode finger pitch in the 1st part of the above how much small to the 2nd part. That is, various electrode finger pitches in the 1st part of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the example shown in drawing 1 were changed, and it investigated how a propagation loss would change with them. A result is shown in drawing 6.

[0056] The axis of abscissa of drawing 6 shows the ratio (let this be the pitch ratio of a \*\* pitch electrode finger) to the electrode finger pitch of the 2nd part of the electrode finger pitch of the 1st part, and an axis of ordinate shows a propagation loss. In addition, the propagation loss in drawing 6 is the value which deducted the loss by the mismatching of an impedance, and the ohmic loss by resisted part of an electrode finger from the insertion loss in a passband.

[0057] In addition, in obtaining the result of drawing 6, the result at the time of changing the number of an electrode finger with a narrow electrode finger pitch with 8, 12, and 18 is shown. Here with the number of an electrode finger with a narrow electrode finger pitch Although the sum total of the number (two are illustrated in drawing 1) of the electrode finger of the 1st part of IDT13 and the number (drawing 1 2) of the electrode finger of the \*\* pitch of the 1st part by the side of IDT13 of IDT14 shall be said and four are illustrated by drawing 1 in this

case if IDT 13-15 is taken for an example It carried out to 8, 12, or 18 as mentioned above.

[0058] Similarly, in the \*\*\*\*\* part, although IDT15 and IDT14 were illustrated with four by drawing 1 , they made the sum total of the number of an electrode finger with a narrow electrode finger pitch 8, 12, and 18 as mentioned above also with this. That is, drawing 1 will illustrate the design whose number of an electrode finger with the above-mentioned narrow electrode finger pitch is four. In the following explanation, "the number of a \*\* pitch electrode finger" means that it is the value defined as mentioned above.

[0059] It turns out that the pitch ratio of a \*\* pitch electrode finger becomes [ a propagation loss ] the smallest in the 0.95 neighborhoods also in the case of the number of which \*\* pitch electrode finger so that clearly from drawing 6 .

Improved parts of this propagation loss are considered to be a part for the loss emitted as a bulk wave to have decreased, and the sum total for the propagation loss of the surface acoustic wave by having made the electrode finger pitch small to have decreased.

[0060] That is, in order to make band interpolation close loss small, it turns out that it is desirable to make the pitch ratio of a \*\*\*\*\* pitch electrode finger into a value of this level. Next, the range where a propagation loss becomes small to the conventional example was confirmed. In the design in a conventional method, the propagation loss was about 1.9dB. On the other hand, although explained later, as for the number of a \*\* pitch electrode finger, in this example, carrying out to 18 or less is desirable.

[0061] As for the range where the reduction effectiveness of a propagation loss is seen, it turns out that the range of the pitch ratio of a \*\* pitch electrode finger is 0.83-0.99 so that clearly from drawing 6 . But although the propagation loss is [ the pitch ratio of a \*\* pitch electrode finger ] small depending on conditions less than 0.83, considering that the process tolerance of an electrode has constraint, it turns out that the 0.83 to 0.99 neighborhood is desirable.

[0062] Next, the desirable range of the number of a \*\* pitch electrode finger was

checked. Drawing 7 shows the reflection property at the time of adjusting each design parameter so that impedance matching in the passband in each when making the number of a \*\* pitch electrode finger into 8 and 12 may be planned. Drawing 7 (a) shows the case where the number of a \*\* pitch electrode finger is eight, and drawing 7 (b) shows the case where the number of a \*\* pitch electrode finger is 12.

[0063] When the number of a \*\* pitch electrode finger is made [ many ], there is an inclination for there to be an inclination for the degree of concentration of an impedance to worsen, namely, for VSWR and the deflection in a band to get worse. Moreover, it is in the inclination for pass band width to become narrow because the deflection in a band gets worse. Then, VSWR at the time of changing the number of a \*\* pitch electrode finger on the basis of the design of the above-mentioned example and change of pass band width were measured. The result is shown in drawing 8 and drawing 32 .

[0064] In addition, in the number of each \*\* pitch electrode finger, the value of the value of VSWR in drawing 8 and the pass band width in drawing 3232 is a value at the time of changing crossover width of face, the pitch in a \*\* pitch electrode finger, etc., as impedance matching in a passband is planned. Generally, as for the value of VSWR, carrying out to 2.5 or less is desirable, and when change, property variation, etc. of a property by temperature are taken into consideration, it is desirable [ pass band width ] that it is 42MHz or more in an EGSM method.

[0065] In drawing 8 , the number of a \*\* pitch electrode finger of the range whose VSWR is 2.5 or less is 18 or less. Moreover, the number of the \*\* pitch electrode finger whose pass band width is 42MHz or more is also 18 or less so that clearly from drawing 32 . That is, it is desirable to make the number of a \*\* pitch electrode finger or less into 18, and it turns out that the degree of concentration of an impedance becomes high by it, and the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter in which VSWR and the deflection in a band have sufficient pass band width small is obtained.

[0066] Next, change of the propagation loss at the time of changing spacing

between adjacent IDT(s) from an example was investigated. The result is shown in drawing 33 . Although the pitch between adjacent electrode finger 14i of IDT14 and IDT15 in spacing between IDT(s) which drawing 33 adjoins, for example, drawing 1 , and 15a is set to  $0.50\lambda_{d1}$  in the example, it sets this  $0.50\lambda_{d1}$  to 0, and plots change of the propagation loss over change of the pitch from there. In drawing 33 , if the pitch between adjacent IDT(s) is changed, the propagation loss will get worse. That is, in order to obtain a low loss filter, the pitch between adjacent IDT(s) is understood that it is desirable that it is  $0.50\lambda_{d1}$ . Similarly, spacing of the 1st part and the 2nd part from which a pitch differs is desirable in order for that it is  $0.25\lambda_{d1}+0.25\lambda_{d2}$  to obtain a low loss filter, as it is in an example.

[0067] Next, when the pitch of the electrode fingers which have not made the pitch small, and drawing 1 explained, the pitch of the electrode fingers 13c and 14c investigated whether it would be desirable how, for example. The result is shown in drawing 34 . Drawing 34 is the result of investigating the pitch of the electrode fingers which have not made small the pitch at the time of designing a filter not only to an EGSM method but to various applications, such as a DCS method and a PCS method, so that it may become the optimal property in the configuration of this invention. All of these designs are designed so that it may have a necessary bandwidth in each method and VSWR may become 2.5 or less. Although an axis of abscissa is the value which expressed the pitch of the electrode fingers which have not made the pitch small with the wavelength ratio of the electrode finger which has not made the pitch small, this value is a value to which lengthen the value of  $0.5n$  ( $n= 1, 2, 3 \dots$ ), and it was made for all the values to serve as the range of 0.0-0.5 from the pitch in each case. For example, supposing it is 4.73 in a wavelength ratio, in drawing 34 , it will plot as 0.23.

[0068] In drawing 34 , it is concentrating on about 0.13-0.23, and, in all cases, the pitch of the electrode fingers which have not made the pitch small is further contained in the range of 0.08-0.24. In a conventional technique like drawing 2 , although it was desirable that it is about 0.25-0.30 as for this pitch, in the case of

this invention, it turns out are [ 0.08 to 0.] 24, and that the range of 0.13-0.23 is desirably good.

[0069] In addition, in this example, although 36 degreeY cut X propagation LiTaO3 substrate was used, LiTaO3 substrate of other crystal orientation, LiNbO3 substrate, etc. may be used, for example, big effectiveness can be especially acquired in the piezo-electric substrate using the Leakey waves, such as 36-44 degreeY cut X propagation LiTaO3 substrate, 64-72 degreeY cut X propagation LiNbO3 substrate, and 41 degreeY cut X propagation LiNbO3 substrate.

[0070] Moreover, in this example, although two-step cascade connection of the 3IDT type length joint resonator mold surface acoustic wave filter was carried out, as shown in drawing 9 , also in one step of vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 31, the effectiveness of this invention can be acquired by constituting like this example. Furthermore, the effectiveness of this invention can be acquired by applying this invention also to what has five IDT(s) 33-37 like the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 32 which it is not limited to what has three IDT(s), for example, is shown in drawing 1010 .

[0071] That is, in this invention, the number of IDT(s) in a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter may be [ or more ] five not only three pieces but, and a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter is not limited to a list by what has two or more step configuration.

[0072] (The 2nd example) Drawing 11 is the typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 2nd example of this invention.

[0073] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 41 of the 2nd example is constituted completely like the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 1 of the 1st example, if it removes that IDT 14 and 19 arranged in the center of the surface wave propagation direction is reversed.

[0074] That is, in the 2nd example, the outermost electrode finger of IDT 14 and 19 is connected to the I/O edge instead of ground potential to the \*\*\*\*\* electrode

finger of \*\*\*\*\* IDT having been connected to ground potential in the 1st example. Therefore, the electrode finger connected with the electrode finger which is a signal electrode between \*\*\*\*\* IDT at the ground potential of outside IDT will be as \*\*\*\*.

[0075] More specifically, the electrode fingers 14a and 14i of IDT14 which is as the electrode fingers 13a and 15a and \*\*\*\* to the electrode fingers 13a and 15a of the IDT14 side-edge section of IDT 13 and 15 being connected to ground potential in drawing 11 are connected to the input edge. That is, the polarity of a \*\*\*\*\* electrode finger is reversed between \*\*\*\*\* IDT. In the surface acoustic wave filter 12, it is constituted similarly.

[0076] Therefore, the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 2nd example has the configuration which carried out two-step cascade connection of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter with which the polarity of the \*\*\*\*\* electrode finger between \*\*\*\*\* IDT is reversed.

[0077] The difference in the resonance mode of the surface acoustic wave filter 41 of the 2nd example and the surface acoustic wave filter 1 of the 1st example is shown in drawing 12. Here, the result of having changed the I/O impedance into 500 ohms from 50ohms, and having checked resonance mode is shown.

[0078] In drawing 12, a continuous line shows the result of the 2nd example and a broken line shows the result about the 1st example. D of drawing 12 R> 2 shows the resonance mode of the standing wave which has the peak of the intensity distribution of a surface acoustic wave at IDT-IDT spacing, E is in zero-order mode, G is in secondary mode, and F is the mode generated by two-step cascade connection.

[0079] The big difference between the 1st example and the 2nd example is that the level of resonance mode shown by the arrow head D is large in the 2nd example. In the 1st example, since the \*\*\*\*\* electrode finger of \*\*\*\*\* IDT(s) is connected to ground potential, the surface acoustic wave between IDT-IDT is not convertible for an electrical signal. Consequently, the conversion efficiency to the electrical signal of resonance mode D which has a strong peak falls to the IDT-

IDT spacing section.

[0080] On the other hand, in the 2nd example, since the polarity of the electrode finger with which \*\*\*\*\* IDT(s) adjoin is reversed, a surface acoustic wave is changed into an electrical signal also for the IDT-IDT spacing section. Therefore, the conversion efficiency to the electrical signal of the above-mentioned resonance mode D is raised.

[0081] Drawing 13 shows each amplitude characteristic to which the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 2nd example and the 1st example and the insertion loss of an axis of ordinate were expanded on the right-hand side scale. In addition, the amplitude characteristic of the 2nd example (continuous line) of drawing 13 is acquired from the design condition in the 1st example by changing the wavelength of  $33.4\lambda/2$  and a \*\* pitch electrode finger into 3.88 micrometers for crossover width of face, in order to amend a gap of the impedance by the part from which the frequency in the mode and level changed.

[0082] According to the 2nd example, it turns out that the insertion loss in a passband can be improved further and pass band width is also large compared with the 1st example (broken line) so that clearly from drawing 13. Therefore, it is desirable to reverse the polarity of the \*\*\*\*\* electrode finger between \*\*\*\*\* IDT, and an insertion loss can offer a small vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter with wide pass band width further by it.

[0083] In addition, only in one side of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters 11 and 12 which carried out two-step cascade connection, the effectiveness of the 2nd example can be acquired, when the polarity of the \*\*\*\*\* electrode finger between IDT(s) is reversed as mentioned above.

[0084] (The 3rd example) Drawing 14 is the typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 3rd example of this invention.

[0085] With the surface acoustic wave filter 51 of the 3rd example Although the 1st example does not differ from the number of a \*\* pitch electrode finger, the

number of the \*\* pitch electrode finger of the 1st part of IDT13, It is constituted so that the numbers of the \*\* pitch electrode finger of the 1st part by the side of IDT13 of IDT14 may differ, and it is constituted so that the number of the \*\* pitch electrode finger of the 1st part of IDT15 may differ from the number of the \*\* pitch electrode finger of the 1st part by the side of IDT15 of IDT14. About other points, since it is constituted like the 1st example, suppose [ part / same ] that explanation of the 1st example is used by \*\*\*\*\* which attaches the same reference number. A different point from the 1st example is explained more concretely. In this example, the number of the electrode finger of IDT 13-15 of the surface acoustic wave filter 12 is as follows.

[0086] For the number of 13--30 IDT(s), however the electrode finger of the 1st part, the number of 5 and the electrode finger of the 2nd part is 25. IDT14 -- 33 numbers of an electrode finger, however the 1st part of both sides have three \*\* pitch electrode fingers, respectively, and the 2nd central part has 27 electrode fingers. For the number of 15--30 IDT(s), however the electrode finger of the 1st part, the number of \*\*\*\*\* of 5 and the 2nd part is 25.

[0087] Moreover, in this example, the surface acoustic wave filters 11 and 12 are constituted similarly. In addition, in drawing 14  $R > 4$ , in order to simplify illustration, the number of an electrode finger is reduced and illustrated. That is, at drawing 14, in IDT14, the \*\* pitch electrode finger is formed-one right and left at a time, and in the 1st part of IDT 13 and 15, the number of \*\* pitch electrode fingers is illustrated as if it was three.

[0088] The reflection property of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 51 of this example is shown in drawing 15 (b). Moreover, the reflection property in the surface acoustic wave filter of the 1st example is shown in drawing 15 (c) for a comparison.

[0089] It consists of the 3rd example so that the numbers of the \*\* pitch electrode finger of the 1st part of the both sides between \*\*\*\*\* IDT may differ, and since an impedance is further adjusted in 50 ohms, electrode finger crossover width of face is set to  $47.7\lambda/2$ .



[0090] In the 3rd example, it turns out that impedance degree of concentration is getting worse compared with the 1st example so that clearly from drawing 15 . Moreover, the reflection property at the time of making the number of the \*\* pitch electrode finger of IDT14 increase is conversely shown in drawing 15 R> 5 (a). The changed part in this case is set in the 3rd example. The total number of the electrode finger of IDT 13, 15, 18, and 20 28 The number of 3 and the electrode finger of the 2nd part 25 [ the number of the electrode finger of the 1st part ] It is in making into 37 the total number of the electrode finger of IDT 14 and 19 arranged in the center, making the number of the electrode finger of the 1st part of both sides into five, respectively, and making the number of the electrode finger of the 2nd central part into 27, and crossover width of face being set to  $28.6\lambda/2$  at the list. Although impedance degree of concentration is raised compared with the 1st example, it turns out that an impedance becomes capacitive on the whole in this case, so that clearly from drawing 1515 (a).

[0091] Although it is not necessarily suitable for the band-pass filter of the receiving stage of an EGSM method, for other applications, the 3rd example of the above and a modification are sometimes effective with the modification which has the reflection property shown in the 3rd example and drawing 15 (b). For example, although the inclination for VSWR to get worse is seen when impedance degree of concentration gets worse as shown in drawing 15 (b), pass band width tends to spread.

[0092] That is, drawing 16 (a) and the continuous line of (b) are drawings showing the amplitude characteristic and the VSWR property of a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 3rd example of the above. For a comparison, a broken line shows the 1st amplitude characteristic and VSWR property of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 11 of an example to drawing 16 (a) and (b).

[0093] According to the 3rd example, compared with the case of the 1st example, VSWR is getting worse about 0.2 times so that clearly from drawing 16 , but through level shows that about 1.5MHz of pass band width in 4dB has spread. In

this case, it turns out that it can broadband-ize, the insertion-loss level in a passband hardly changing, therefore maintaining low loss.

[0094] That is, according to the 3rd example, even if VSWR gets worse somewhat, it turns out that the suitable vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter for the application as which reduction of the loss in a passband and expansion of pass band width are required can be offered.

[0095] Next, as shown in drawing 15 (a), impedance degree of concentration is good, but an effective example is explained when an impedance becomes capacitive.

[0096] Drawing 17 (a) and (b) show the amplitude characteristic and the VSWR property of a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the above-mentioned modification as a continuous line. For a comparison, a broken line shows the 1st amplitude characteristic and VSWR property of a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of an example. In addition, in the modification which obtained the result of drawing 17, electrode finger crossover width of face is set to  $31.0\lambda_{d1}^2$ . The number of 28 and the electrode finger of the 1st part the total number of the electrode finger of IDT 13, 15, 18, and 20 Three The number of the electrode finger of the 2nd part is 25, and, in the total number of the electrode finger of central IDT 14 and 19, the number of 47 and the electrode finger of the 1st part of these both sides of IDT 14 and 19 made the number of 5 each and the electrode finger of the 2nd central part 37. Moreover, the wavelength  $\lambda_{d1}$  of IDT is 3.88 micrometers. About other points, it was presupposed that it is the same as that of the 1st example.

[0097] Although about 3.5MHz of pass band width in 4dB is narrow from through level in the above-mentioned modification compared with the surface acoustic wave filter 11 of the 1st example so that clearly from drawing 17, only about 0.7 has improved VSWR. In this case, VSWR is improved, the insertion-loss level in a passband hardly changing, therefore maintaining low loss. That is, it turns out that a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter effective in the application as which reduction of loss in a passband by pass band width being

narrow and reduction of VSWR are required can be offered.

[0098] As mentioned above, it turns out that the band pass filter according to various applications can be offered easily, aiming at reduction of the insertion loss in a passband like the 3rd example by changing the balance of the number of the electrode finger of the 1st part, i.e., a \*\* pitch electrode finger.

[0099] (The 4th example) Drawing 18 (a) and (b) are typical sectional views which meet in the direction which intersects the typical top view for explaining the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 4th example, and an electrode finger. Drawing 18 (b) is a typical sectional view between the alternate long and short dash lines X and X of drawing 18 (a). The electrode structure shown in drawing 18 (a) is completely the same as the 1st example shown in drawing 1 .

[0100] Therefore, about the same part, it considers as \*\*\*\*\* which attaches the same reference number. The description of this example appears in drawing 18 (b) clearly. That is, thickness of a \*\* pitch electrode finger is made thinner than the thickness of the electrode of other electrode fingers or a reflector so that it may be shown on behalf of the part in which IDT 19 and 20 and a reflector 22 are formed. That is, as shown in drawing 18 (b), thickness of the electrode fingers 19f and 19g of the 1st part by the side of IDT20 of IDT19 and the electrode fingers 20a and 20b of the 1st part by the side of IDT19 of IDT20 is made thinner than the thickness of the remaining electrode finger or the electrode finger of a reflector 22. Similarly, also in the part between \*\*\*\*\* IDT shown in drawing 18 (a), thickness of the \*\* pitch electrode finger of both sides is made thinner than the thickness of the remaining electrode finger. By this example, thickness of the electrode of a \*\* pitch electrode finger is set to  $0.06\lambda/2$ , and, more specifically, thickness of the remaining electrode finger is set to  $0.08\lambda/2$ .

[0101] Moreover, in this example, the thickness of a \*\* pitch electrode finger is written thinly, and the design is changed so that electrode finger crossover width of face may serve as the 1st example with  $38.2\lambda/2$  and  $\lambda/1=3.93\text{micrometer}$ . About other points, it is the same as that of the 1st

example.

[0102] A continuous line shows the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 4th example to drawing 19 . For a comparison, a broken line shows the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 11 of the 1st example.

[0103] According to the 4th example, compared with the 1st example, the insertion loss in a passband is further improved so that clearly from drawing 19 . Generally, with the surface acoustic wave filter using the Leakey wave, there is an inclination for loss by radiation of a bulk wave to become small, by making thin thickness of the electrode which consists of aluminum. However, when thickness of an electrode was made thin, and the stop bandwidth of that an electromechanical coupling coefficient becomes small and a reflector became narrow, there was a problem that broadband-ization could not be attained.

[0104] In the 4th example, in order to solve this problem, in between IDT-IDT which radiation of a bulk wave tends to produce (i.e., the part in which the \*\* pitch electrode finger is formed), thickness of an electrode finger is made thin. With broadband width of face maintained, loss by radiation of a bulk wave can be reduced and a good property is acquired by this.

[0105] (The 5th example) Drawing 20 is the typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 5th example.

[0106] The description of this example is constituted by split electrode with which 13f [ of division electrode fingers ] 1 or 13f of \*\* pitch electrode fingers is represented by 2. About other points, it is the same as that of the 1st example almost. Only the changed point is indicated below.

[0107] Namely, in the 5th example, wavelength  $\lambda_{d2}$  of 35.7 $\lambda_{d2}$  and IDT is set to 4.20 micrometers, and, as for electrode finger crossover width of face,  $\lambda_{d1}$  is set to 4.04 micrometers.

[0108] The amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 5th example is shown to drawing 21 by the

continuous line. A broken line shows the amplitude characteristic of the conventional vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter shown in the 1st example.

[0109] Also in the 5th example, it turns out that it compares with the conventional vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter, and the insertion loss in a passband can be improved so that clearly from drawing 21 .

[0110] Therefore, in this invention, it turns out about a \*\* pitch electrode finger that two or more may be constituted using the split electrode which usually consists of two division electrode fingers.

[0111] (The 6th example) The circuitry of the 6th example itself is completely the same as that of the 1st example. Therefore, the detailed explanation is omitted by using the explanation which followed the 1st example.

[0112] Wavelength of the electrode finger of the 1st part [ in / in the point that the 6th example differs from the 1st example / IDT 18-20 of the surface acoustic wave filter 12 ], i.e., a \*\* pitch electrode finger, is set to 3.88 micrometers. About other points, it is the same as that of the 1st example.

[0113] That is, in the 6th example, in the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters 11 and 12 which were shown in drawing 1 and by which two-step cascade connection is carried out, if the wavelength of a \*\* pitch electrode finger is \*\*, it is carried out.

[0114] A broken line shows the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 1st example for the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter applied to the 6th example as a continuous line at drawing 22 .

[0115] According to the 6th example, it turns out that pass band width can be expanded compared with the 1st example so that clearly from drawing 22 . In this case, the value of VSWR was about 2.0 also in any of the 1st and 6th example. Therefore, according to the 6th example, pass band width can be expanded, without worsening VSWR.

[0116] Thus, when carrying out cascade connection of two or more surface

acoustic wave filters, it turns out that pass band width can be extended changing the configuration of the \*\* pitch electrode finger of the surface acoustic wave filter of each stage, i.e., by changing the configuration of the \*\* pitch electrode finger of the surface acoustic wave filter of at least one stage with the configuration of the \*\* pitch electrode finger of the surface acoustic wave filter of the remaining stage.

[0117] (The 7th example) Drawing 23 is the typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 61 concerning the 7th example. In this example, it is equivalent to the modification of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 31 shown in drawing 9 . That is, the surface acoustic wave resonator 62 as a series resonance child is connected to the serial between IDT14 and the input edges of the center of one step of vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 31.

[0118] Like this example, a surface acoustic wave resonator may be connected to a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter in this invention at a serial. Conventionally, it is known by connecting a surface acoustic wave resonator to a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter at a serial that expansion of the magnitude of attenuation outside a passband can be aimed at. However, although the magnitude of attenuation outside a passband increased, there was a problem that the insertion loss in a passband became large.

[0119] On the other hand, in this example, since the above-mentioned vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter constituted according to this invention is used, aggravation of an insertion loss becomes small. That is, aiming at reduction of the insertion loss in a passband by carrying out series connection of the surface acoustic wave resonator 62 to the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 31, the magnitude of attenuation outside a passband can be expanded and a good filter shape can be obtained.

[0120] Similarly, with the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter

of this invention, since the insertion loss in a passband can be reduced, a surface acoustic wave resonator may be connected to the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter constituted according to this invention at juxtaposition, and expansion of the magnitude of attenuation outside a passband can be aimed at in that case, aiming at reduction of the insertion loss in a passband.

[0121] Moreover, you may have the both sides of the surface acoustic wave resonator by which parallel connection was carried out to the surface acoustic wave resonator by which series connection was carried out.

[0122] (The 8th example) Drawing 24 is the typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 8th example. The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 71 concerning the 8th example has the same electrode structure as the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter shown in drawing 9 . A different place, with the surface acoustic wave filter shown in drawing 9 , to having considered as the imbalance input-imbalance output, by this example, the terminal 72 is formed so that the end of central IDT is not only connected to the input edge, but can take out a signal from the other end.

[0123] In recent years, with the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter, giving balanced - unbalance conversion function is called for. An unbalanced input-balanced output type filter can consist of the 8th example shown in drawing 24 by making a terminal 74 as an input terminal and making terminals 72 and 73 into an output terminal. On the contrary, an input terminal can be constituted for terminals 72 and 73, and an output terminal, then a balanced input-unbalanced output type filter can be constituted for a terminal 74. Therefore, the surface acoustic wave filter which has balanced - unbalance conversion function that the insertion loss in a passband is small can be offered. The modification of the surface acoustic wave filter which has such a balanced - unbalance conversion function is shown in drawing 25 - drawing 30 .

[0124] It consists of vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters 81 shown in drawing 25 so that outside IDT 13 and 15 can take out balanced I/O,

and IDT14 of a center is connected to the unbalance input/output terminal 82.

[0125] With the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 85 shown in drawing 26 , the phase of IDT 13 and 15 to IDT14 is reversed, and balanced - unbalance conversion function is realized.

[0126] Furthermore, with the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 86 shown in drawing 27 , in the surface acoustic wave filters 11 and 12 by which two-step cascade connection is carried out, the phase of IDT 18 and 20 is reversed, and terminals 87 and 88 are connected to IDT19 so that a balance signal can be taken out from IDT19.

[0127] With the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 91 shown in drawing 28 , in two steps of vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters 11 and 12, the surface acoustic wave filter 12 of the side which takes out a balance terminal is divided into the surface acoustic wave filters 92 and 93 which are two pieces whose crossover width of face is the one half of the surface acoustic wave filter 11, and the phase of the surface acoustic wave filters 92 and 93 is reversed.

[0128] Furthermore, as shown in drawing 29 , in the configuration which has two steps of vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters 11 and 12, balanced - unbalance conversion function can be giving by dividing the 2nd surface acoustic wave filter 12 into the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters 96 and 97, and reversing the phase of IDT 13 and 15 to IDT14 of the 1st surface acoustic wave filter 11.

[0129] With the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 101 shown in drawing 30 , each of two steps of vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters makes crossover width of face one half, divides, and parallel connection is carried out. That is, the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 11 is divided into two vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters 11A and 11B, and the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 12 is divided into the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters 12A and 12B.



[0130] Among these, as the phase of 1 set of surface acoustic wave filters is reversed, balanced - unbalance conversion function can be giving. That is, as shown in drawing 25 - drawing 30 , the surface acoustic wave filter which has balanced - unbalance conversion function can be offered like the 8th example according to various structures, reducing an insertion loss.

[0131] (The 9th example) Drawing 31 is the typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 9th example of this invention. The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter 111 of this example of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter and electrode structure which were shown in drawing 8 is the same. A different place is to form terminals 112-115 so that a signal can be taken out from all the edges of IDT 13-15.

[0132] Here, since a balance signal can be acquired from each of a terminal 112,115 and a terminal 113,114, the surface acoustic wave filter of a balanced input-balanced output can be obtained. Also in this example, since the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter is constituted according to this invention, a balanced I/O type surface acoustic wave filter with the small insertion loss in a passband can be offered.

[0133] Drawing 35 is each outline block diagram for explaining the transmitter 160 using the surface acoustic wave equipment concerning this invention. The duplexer 162 is connected to the antenna 161 in drawing 35 . The surface acoustic wave filter 164 and amplifier 165 which constitute RF stage between a duplexer 162 and the receiving-side mixer 163 are connected. Furthermore, the surface acoustic wave filter 169 of IF stage is connected to the mixer 163. Moreover, between the duplexer 162 and the mixer 166 of a transmitting side, the amplifier 167 and the surface acoustic wave filter 168 which constitute RF stage are connected.

[0134] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter constituted according to this invention as a surface wave filter 164,168,169 of RF stage in the above-mentioned transmitter 160 can be used suitably.

[0135]

[Effect of the Invention] With the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning this invention The period of the electrode finger of the 1st part which is a part among at least three IDT(s) from other IDT edges where at least one IDT adjoins in the surface wave propagation direction Since it is constituted so that it may differ from the period of the electrode finger of the 2nd part which is the remaining part, it not only can aim at expansion of pass band width, but it becomes possible to reduce the insertion loss in a passband.

[0136] Therefore, it is a broadband and a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter with the small loss in a passband can be offered. When the period of the electrode finger of the 1st part is smaller than the period of the electrode finger of the 2nd part, it can reduce the propagation loss of a surface wave and can make the insertion loss in a passband smaller.

[0137] Especially, when the period of the electrode finger of the 1st part is 0.82 to 0.99 times the period of the electrode finger of the 2nd part, the propagation loss of a surface wave can be made still smaller. When abbreviation coincidence of the \*\*\*\*\* electrode finger pitch of IDT of a pair is carried out  $0.5\lambda_{d1}$ , the loss emitted as a bulk wave can be reduced and an insertion loss can be reduced further.

[0138] When only one side of IDT of a \*\*\*\*\* pair is constituted so that it may have the 1st part and 2nd part and abbreviation coincidence of the \*\*\*\*\* electrode finger pitch of IDT of a pair is carried out  $0.25\lambda_{d1}+0.25\lambda_{d2}$ , the loss emitted as a bulk wave can be reduced similarly, and the insertion loss in a passband can be reduced further.

[0139] When the electrode finger pitch [ in / in the electrode finger of the 1st part and the electrode finger of the 2nd part / a \*\*\*\*\* part ] is carrying out abbreviation coincidence  $0.25\lambda_{d1}+0.25\lambda_{d2}$ , the loss similarly emitted as a bulk wave can be reduced, and the insertion loss in a passband can be reduced further.

[0140] When the polarities of the \*\*\*\*\* electrode finger of IDT which has the 1st

and 2nd part, and this IDT that adjoins IDT differ, a surface acoustic wave can be changed into an electrical signal between IDT-IDT, the conversion efficiency to an electrical signal can be raised by it, and the insertion loss in a passband can be improved further, and pass band width can also be expanded.

[0141] In the both sides of the part which is as \*\*\*\* of IDT of a \*\*\*\*\* pair, when the number of the sum total of the electrode finger of the 1st part is 18 or less, impedance degree of concentration is raised and the small vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of VSWR can be offered.

[0142] When the pitch of the electrodes which are not changing the period of IDT of an adjacent pair is set to  $\lambda (0.08+0.5n)l_2 (0.24+0.5n)$  to  $\lambda l_2$  When more preferably referred to as  $\lambda (0.13+0.5n+)l_2 (0.23+0.5n)$  to  $\lambda l_2$ , required bandwidth can be secured according to various applications, such as an EGSM method, a DCS method, and a PCS method, and VSWR can be certainly made small.

[0143] When the both sides of IDT of a \*\*\*\*\* pair have the 1st and 2nd part in the surface wave propagation direction and the numbers of the electrode finger of the 1st part in both IDT(s) differ, impedance degree of concentration can aim at much more expansion of pass band width, although it gets worse and VSWR gets worse.

[0144] When the thing which made Y shaft orientations rotate LiTaO<sub>3</sub> single crystal in 36-44 degrees focusing on the X-axis is used as a piezo-electric substrate, according to this invention, a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter with wide and pass band width and the small insertion loss in a passband can be obtained easily.

[0145] When the thickness of the electrode finger of the 1st part differs from the thickness of the electrode finger of the 2nd part, loss by radiation of a bulk wave can be reduced by adjusting electrode layer thickness. An insertion loss can be reduced further, maintaining broadband width of face, since radiation of a bulk wave reduced loss by bulk wave radiation in spacing between IDT-IDT generated most when thickness of the electrode finger of the 1st part was especially made

thinner than the thickness of the electrode finger of the 2nd part.

[0146] In the configuration to which cascade connection of two or more steps of vertical joint resonator mold surface acoustic wave filters is carried out, it becomes possible to extend pass band width further, without causing aggravation of VSWR, when the period of the electrode finger of the 1st part in the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of at least one stage differs from the period of the electrode finger of the 1st part in the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of other stages.

[0147] If the period of the electrode finger of the 1st part of the above is \*\*, when being especially carried out in two or more steps of each stage of a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter, pass band width can be extended effectively.

[0148] When at least one series resonance child and/or a parallel resonance child are connected to the input side and/or the output side, it not only can reduce the insertion loss in a passband, but according to this invention, it can aim at expansion of the magnitude of attenuation outside a passband.

[0149] The vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of this invention may be constituted so that it may have balanced - unbalance I/O, and it may be constituted so that it may have balanced - balance I/O.

[0150] That is, according to an application, the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of various I / O forms can be offered easily. Moreover, since the transmitter concerning this invention is equipped with the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter constituted according to this invention as a band-pass filter, it has wide band width of face, and can constitute the transmitter of low loss.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The schematic-drawing-top view of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 2] The typical top view showing the electrode structure of the conventional vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter.

[Drawing 3] Drawing showing the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 1st example and the conventional example.

[Drawing 4] Drawing showing the amplitude characteristic of the conventional vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter.

[Drawing 5] The mimetic diagram for explaining the relation between the electrode structure of a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter conventional 3IDT type, and resonance mode.

[Drawing 6] Drawing showing the relation of a propagation loss with the ratio to the electrode finger pitch of the 2nd part of the electrode finger pitch in the 1st part of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 1st example.

[Drawing 7] (a) And (b) is drawing showing each reflection property in the case of being 12 when the number of the \*\* pitch electrode finger in the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 1st example is eight.

[Drawing 8] Drawing showing change of VSWR at the time of changing the

number of a \*\* pitch electrode finger in the 1st example.

[Drawing 9] The typical top view showing the electrode structure of one step of vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the modification of the 1st example.

[Drawing 10] The typical top view showing the electrode structure of other modifications of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 1st example.

[Drawing 11] The typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 2nd example.

[Drawing 12] Drawing for explaining the difference of the resonance mode of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 2nd example, and the resonance mode of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 1st example.

[Drawing 13] Drawing showing the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 2nd example and the 1st example.

[Drawing 14] The typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 3rd example.

[Drawing 15] (a) - (c) is drawing showing the reflection property of structure which changed the balance of the number of the \*\* pitch electrode finger in the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 1st example, the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 3rd example, and the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 3rd example, respectively.

[Drawing 16] (a) And (b) is drawing showing the amplitude characteristic and the VSWR property of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 3rd example, and the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 1st example.

[Drawing 17] (a) And (b) is drawing showing the amplitude characteristic and the VSWR property of a vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of a

modification which were shown in drawing 15 (c).

[Drawing 18] (a) And (b) is an important section sectional view which meets in the direction which intersects the typical top view and electrode finger which show the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 4th example.

[Drawing 19] Drawing showing the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 4th example and the 1st example.

[Drawing 20] The typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 5th example.

[Drawing 21] Drawing showing the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 5th example, and the conventional vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter.

[Drawing 22] Drawing showing the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 6th example, and the amplitude characteristic of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 1st example.

[Drawing 23] The typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 7th example.

[Drawing 24] The typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 8th example.

[Drawing 25] The typical top view showing the modification of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 8th example.

[Drawing 26] The typical top view for explaining other modifications of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 8th example.

[Drawing 27] The typical top view showing the modification of further others of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 8th example.

[Drawing 28] The typical top view for explaining other modifications of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 8th example.

[Drawing 29] The typical top view for explaining the modification of further others of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 8th example.

[Drawing 30] The typical top view for explaining the modification of further others of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter of the 8th example.

[Drawing 31] The typical top view showing the electrode structure of the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning the 9th example.

[Drawing 32] Drawing showing the relation between the number of a \*\* pitch electrode finger, and pass band width.

[Drawing 33] Drawing showing the pitch variation of IDT, and the relation of a propagation loss.

[Drawing 34] Drawing showing the relation between the distance between electrode fingers which is drawing for explaining the range where the distance between electrode fingers which has not made the pitch small is desirable, and has not made the pitch small, and the \*\* pitch electrode finger number which can obtain a good filter shape.

[Drawing 35] The block diagram for explaining the transmitter equipped with the vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter concerning this invention as a band-pass filter.

[Description of Notations]

1 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter

2 -- Piezo-electric substrate

11, 12, 11A, 11B, 12A, 12B -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter

13-15 -- IDT

13a-13h -- Electrode finger

13f1, 13f2 -- Division electrode finger

14a-14i -- Electrode finger

15a -- Electrode finger

16 17 -- Reflector

18-20 -- IDT



19f, 19g -- Electrode finger  
20a-20h -- Electrode finger  
21 22 -- Reflector  
31 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
32 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
33-37 -- IDT  
41 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
51 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
61 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
62 -- Surface acoustic wave resonator  
71 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
72-74 -- Terminal  
81, 85, 86, 91 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
87 88 -- Terminal  
92, 93, 96, 97 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
101 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
111 -- Vertical joint resonator mold surface acoustic wave filter  
112-115 -- Terminal  
160 -- Transmitter  
161 -- Antenna  
162 -- Duplexer  
163,166 -- Mixer  
164 -- Surface acoustic wave filter  
165 -- Amplifier  
167 -- Amplifier  
168 -- Surface acoustic wave filter  
169 -- Surface acoustic wave filter

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

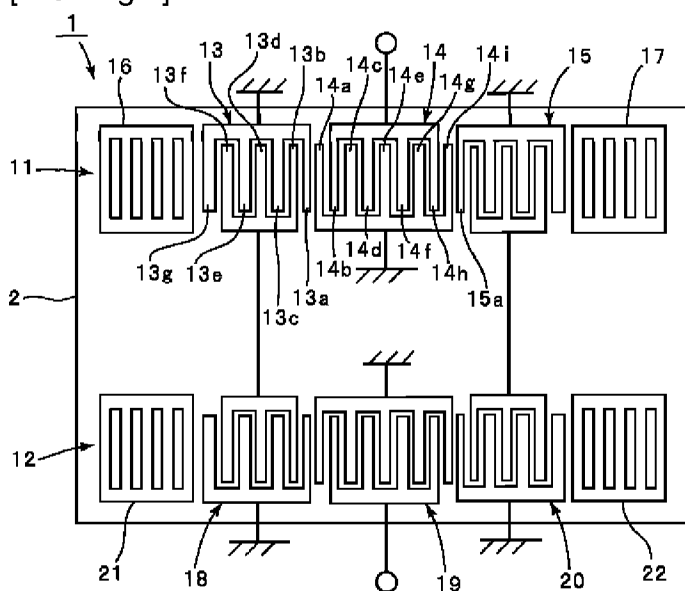
3. In the drawings, any words are not translated.

---

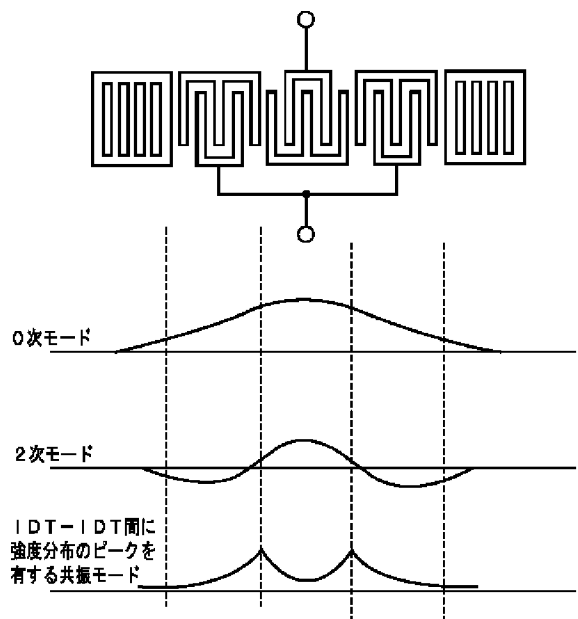
## DRAWINGS

---

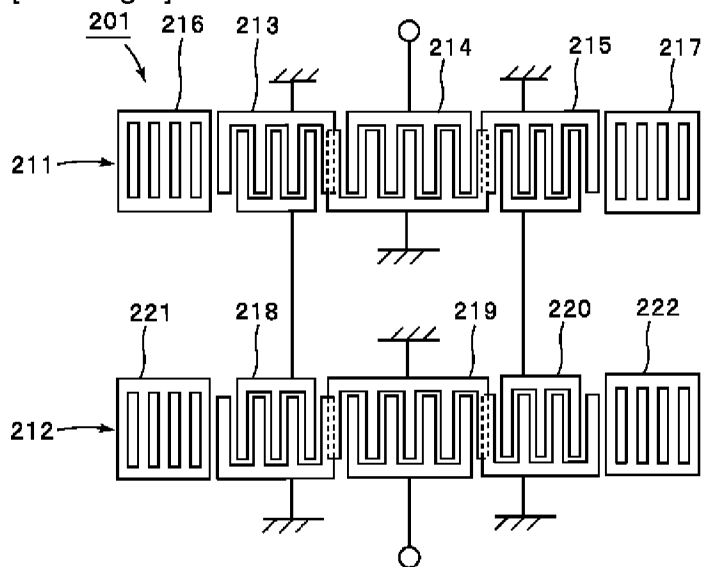
[Drawing 1]



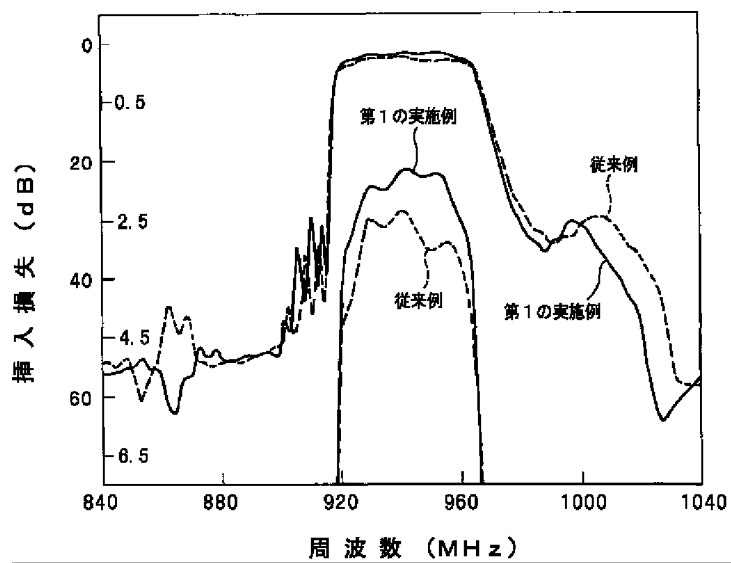
[Drawing 5]



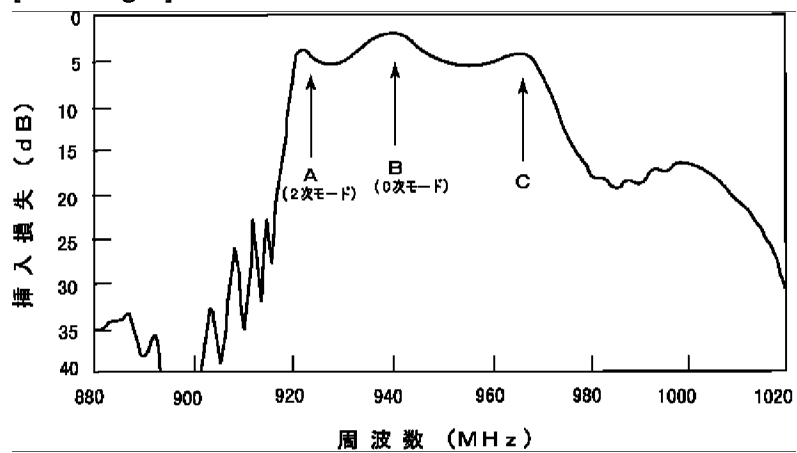
[Drawing 2]



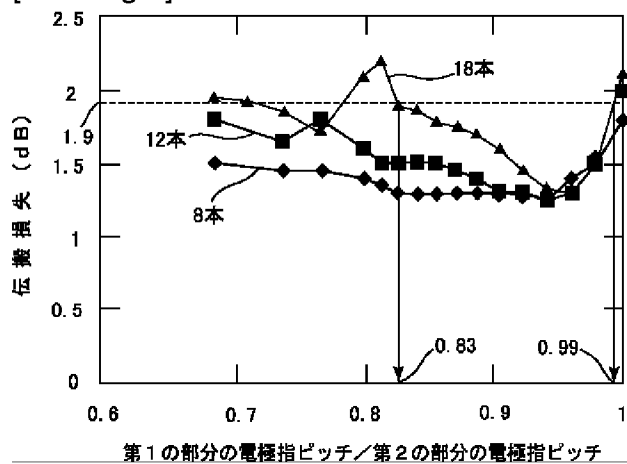
[Drawing 3]



[Drawing 4]

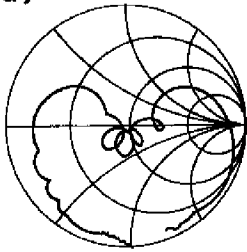


[Drawing 6]

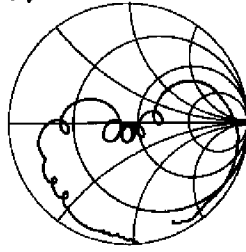


[Drawing 7]

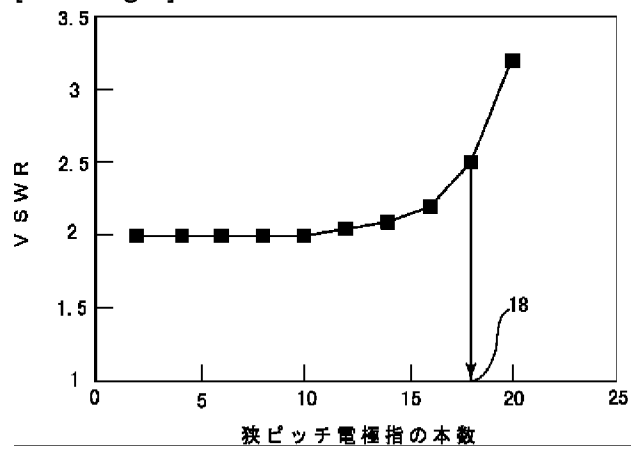
(a)



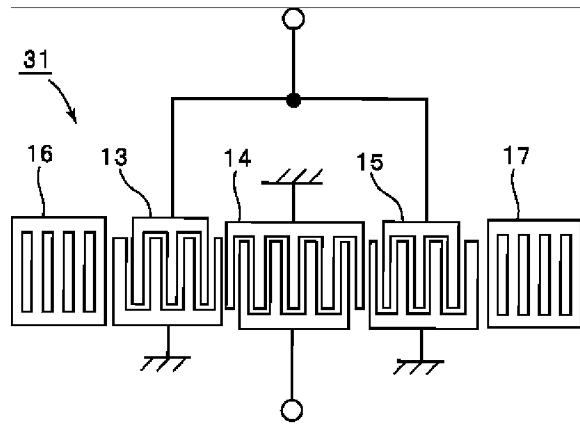
(b)



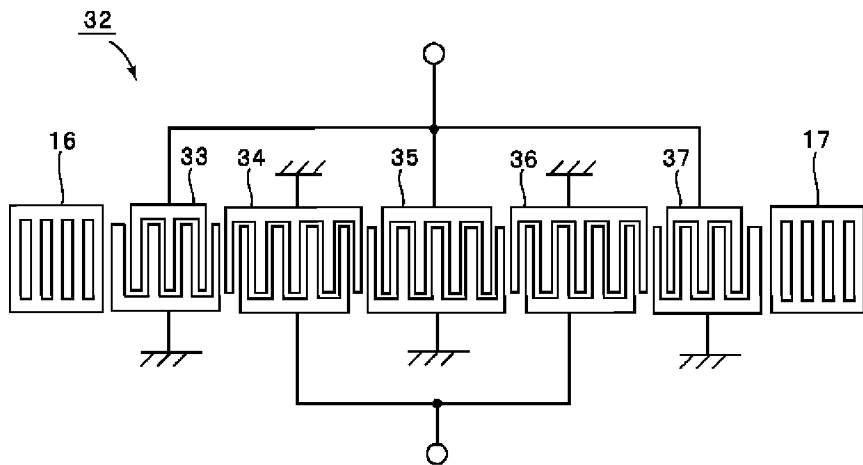
[Drawing 8]



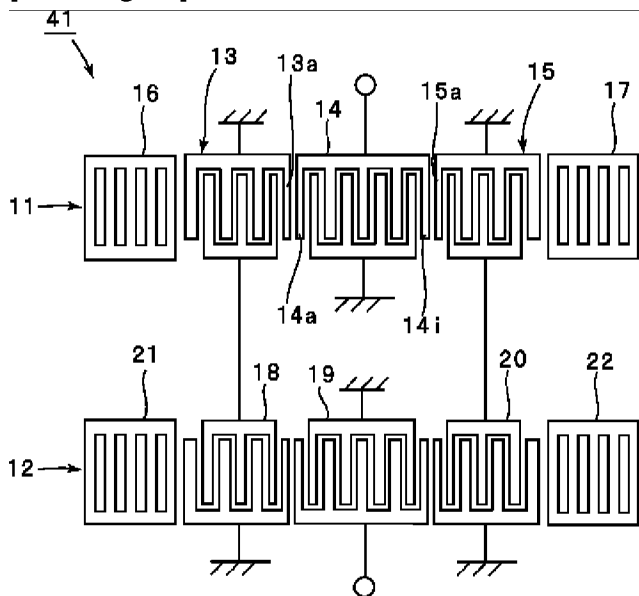
[Drawing 9]



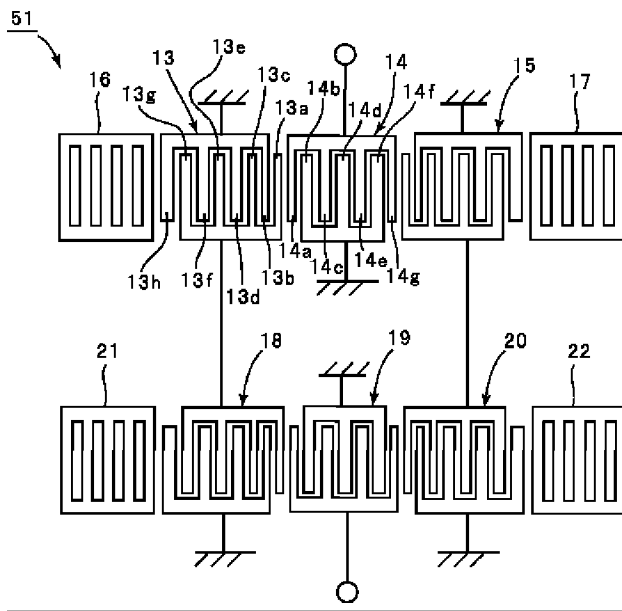
[Drawing 10]



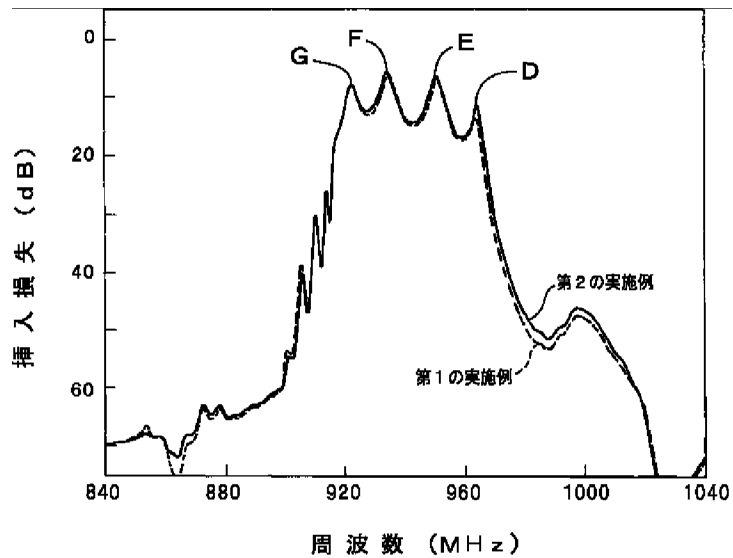
[Drawing 11]



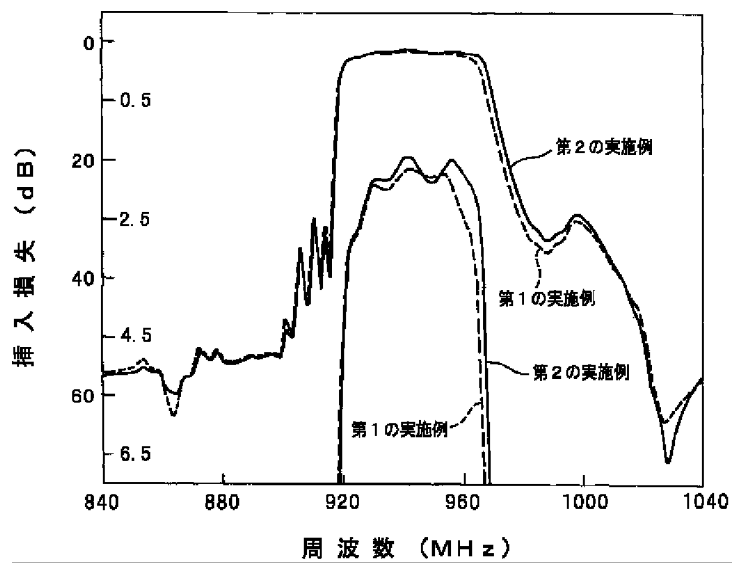
[Drawing 14]



[Drawing 12]

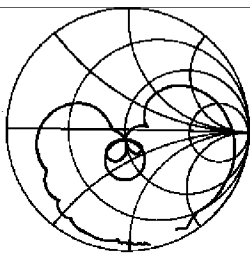


[Drawing 13]

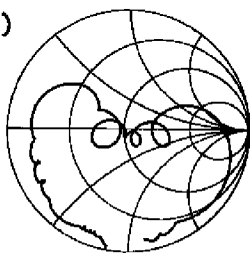


[Drawing 15]

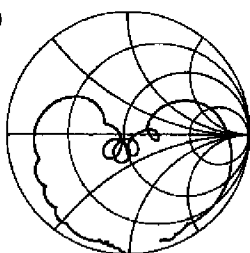
(a)



(b)

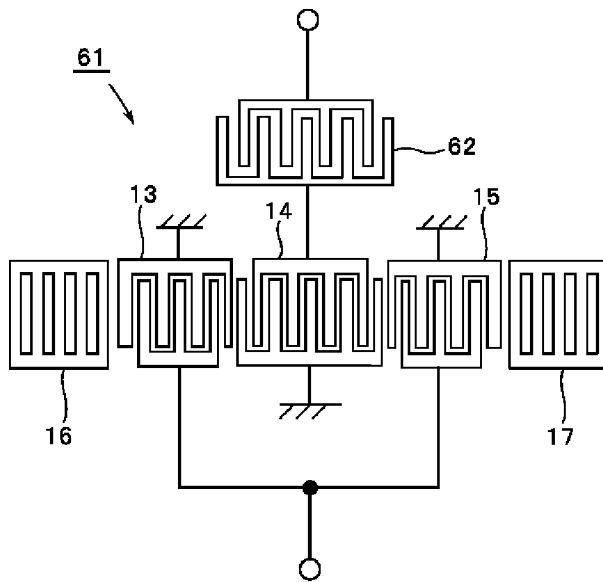


(c)

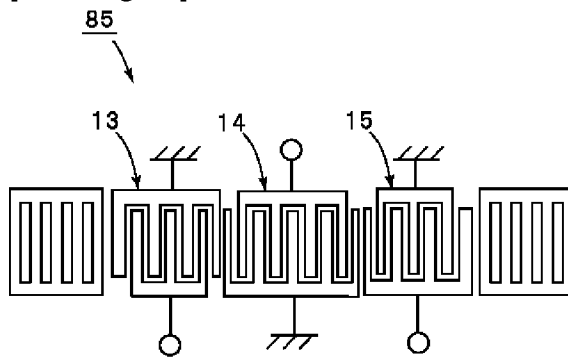


[Drawing 23]

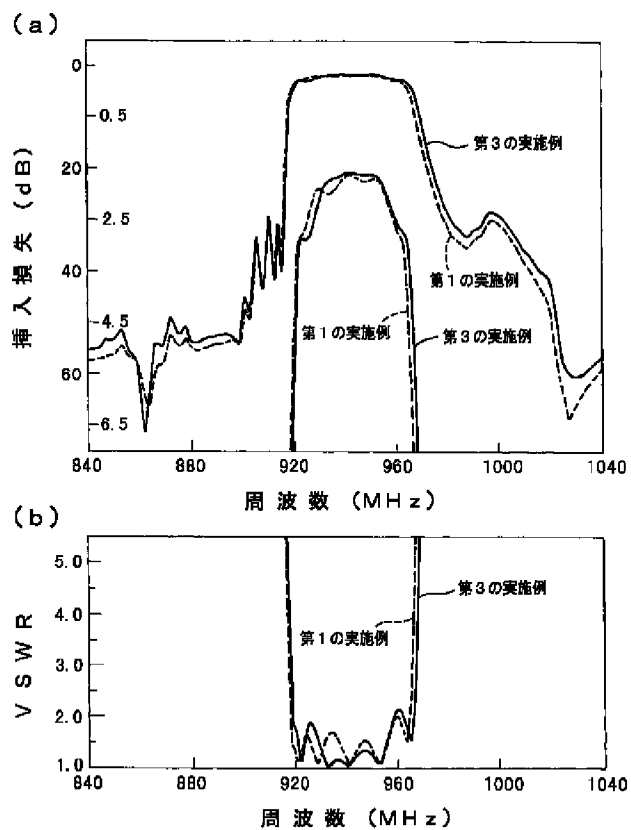




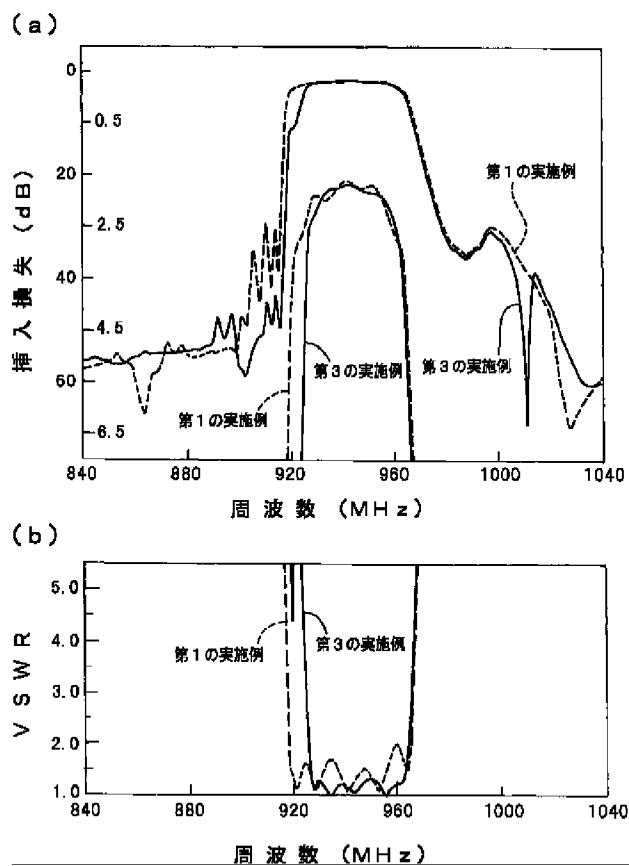
[Drawing 26]



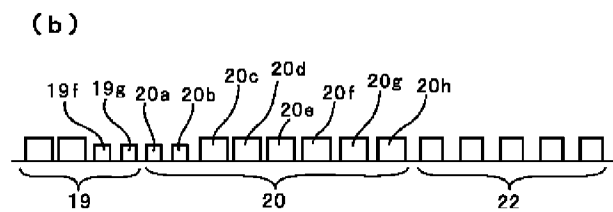
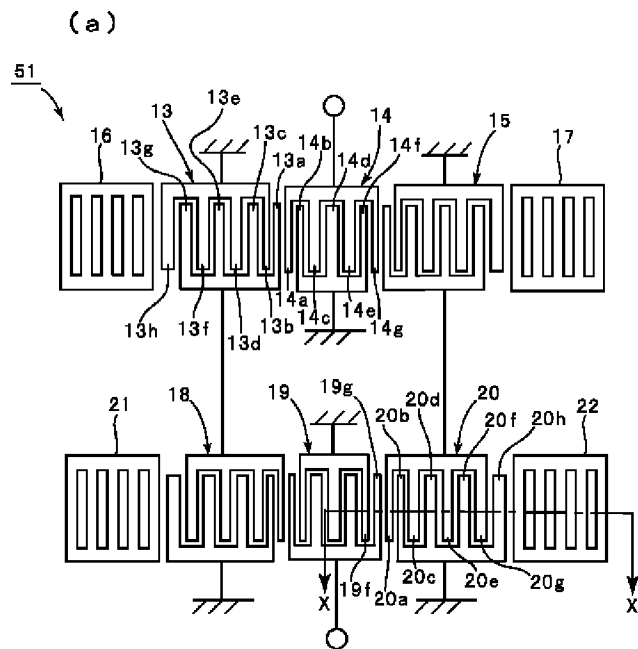
[Drawing 16]



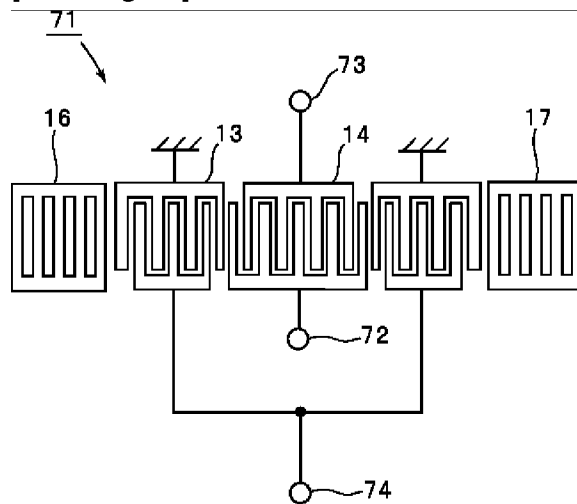
[Drawing 17]



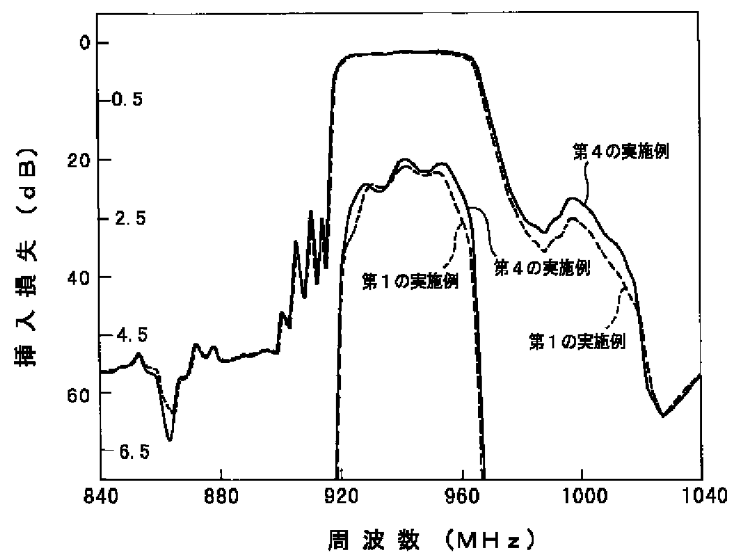
[Drawing 18]



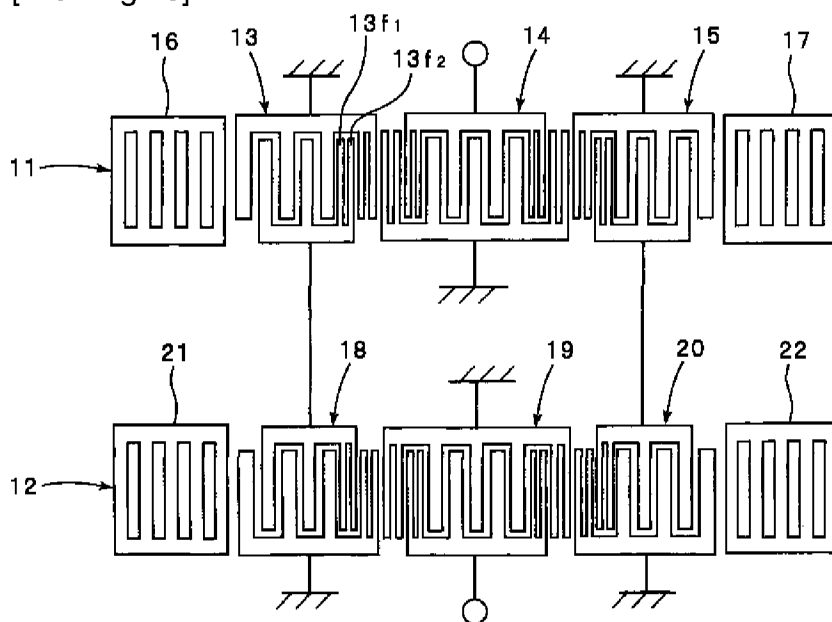
[Drawing 24]



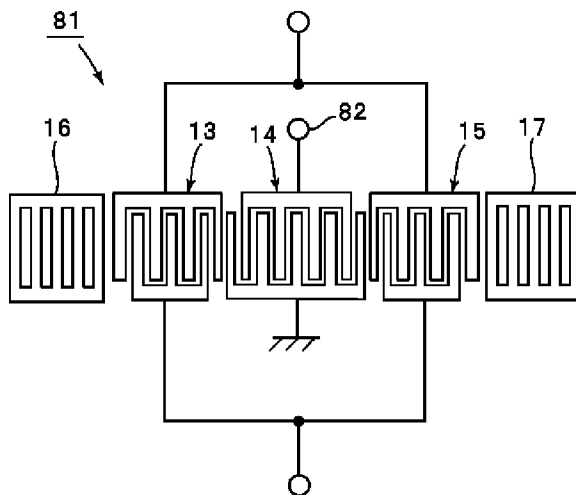
[Drawing 19]



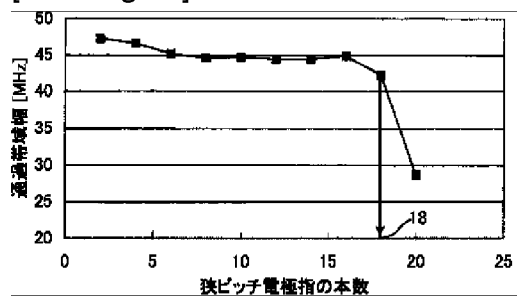
[Drawing 20]



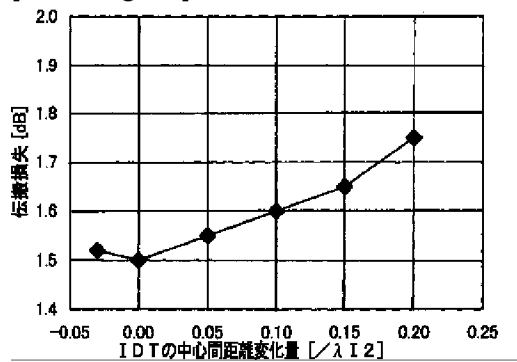
[Drawing 25]



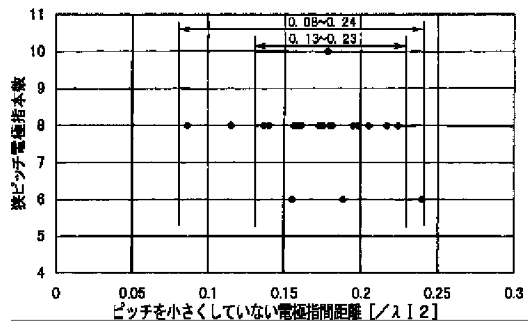
[Drawing 32]



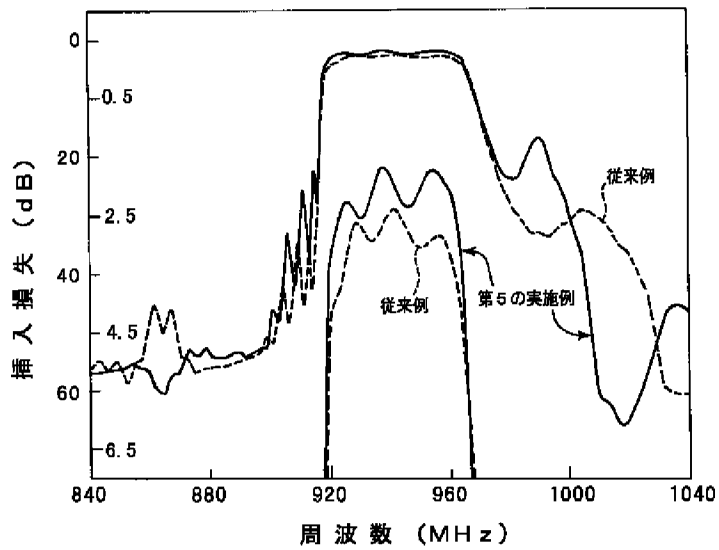
[Drawing 33]



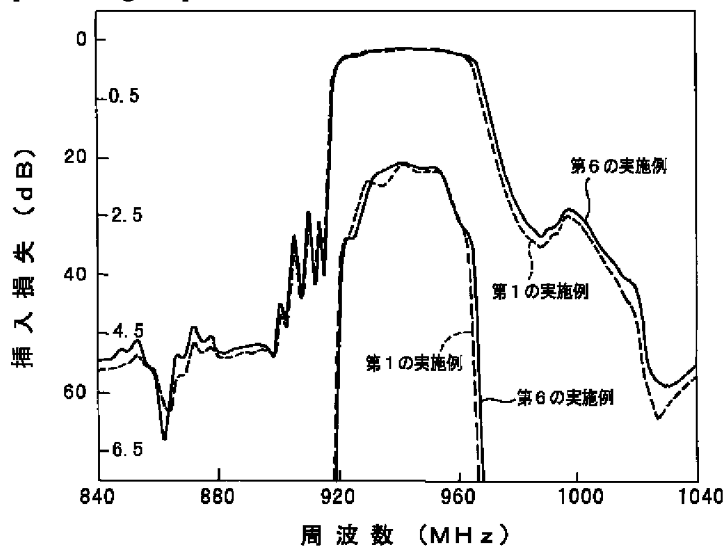
[Drawing 34]



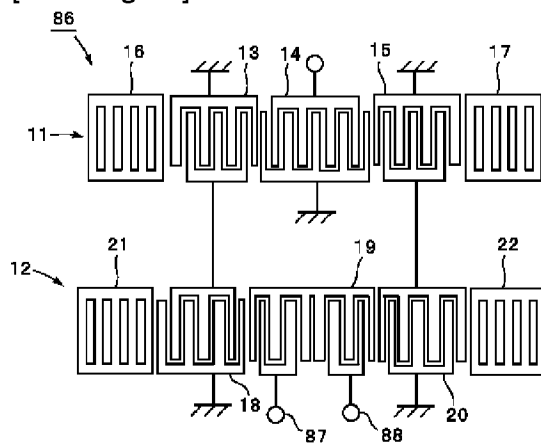
[Drawing 21]



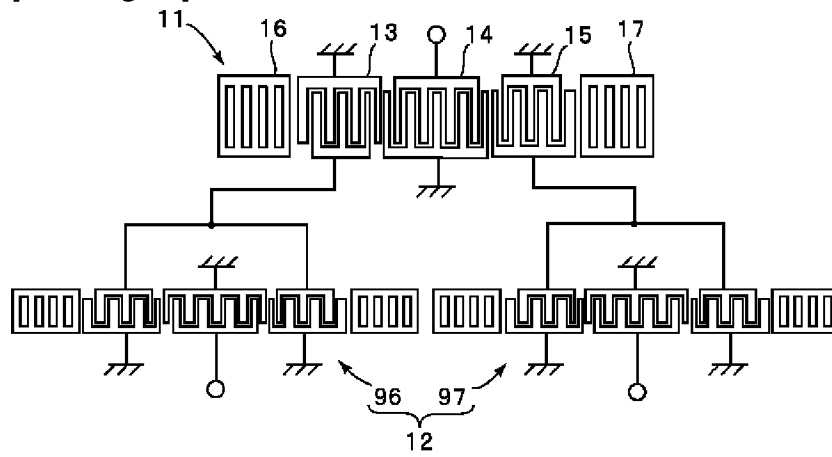
[Drawing 22]



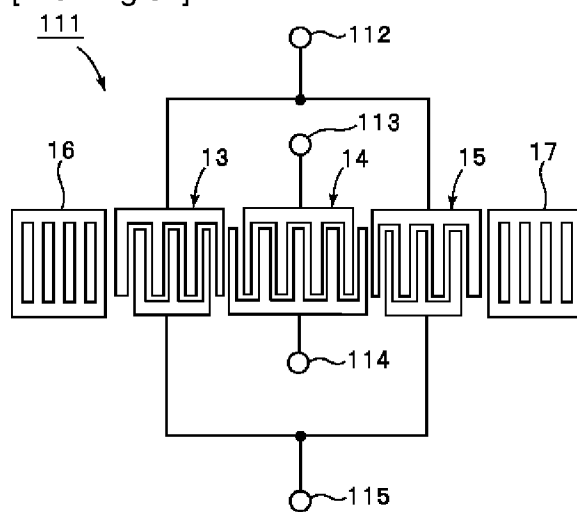
[Drawing 27]



[Drawing 29]

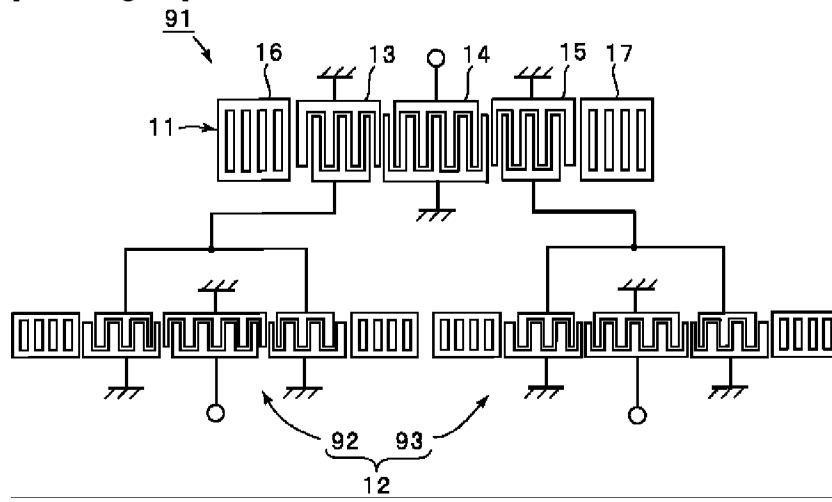


[Drawing 31]

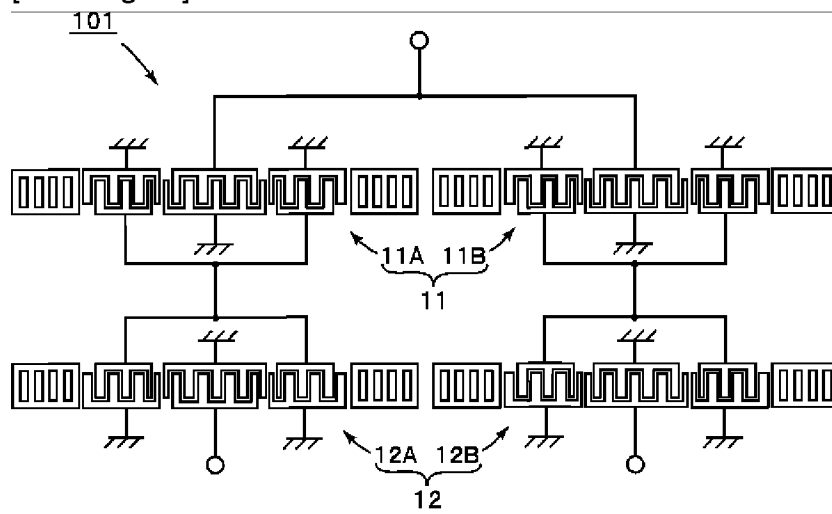




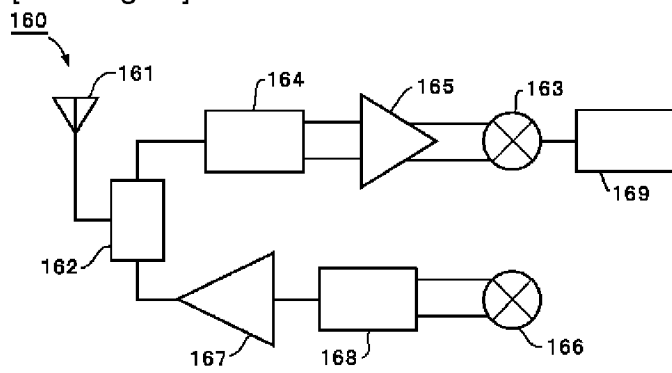
[Drawing 28]



[Drawing 30]



[Drawing 35]



.....  
[Translation done.]

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>識別記号F Iテームト\* (参考)  
H 0 3 H 9/64H 0 3 H 9/64Z 5 J 0 9 7  
9/1459/145A  
C  
Z  
  
審査請求 未請求 請求項の数22 O L （全 21 頁）

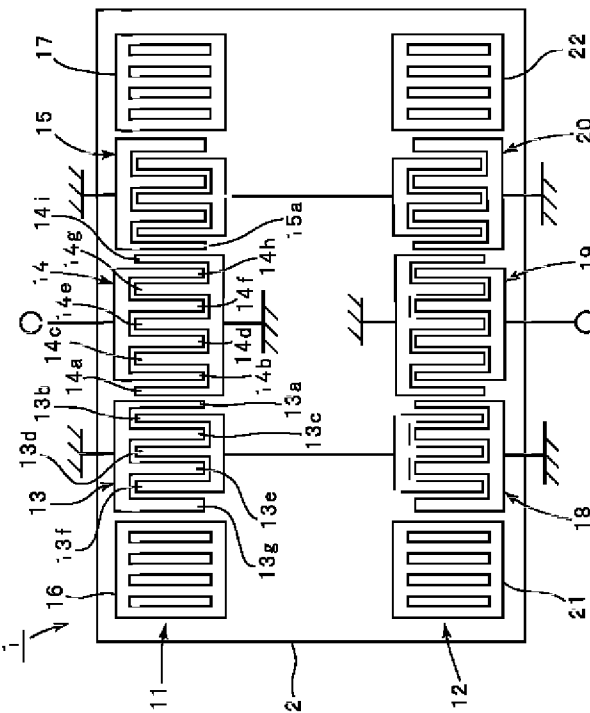
(21)出願番号	特願2002－326775(P2002－326775)	(71)出願人	000006231
(62)分割の表示	特願2001－20456(P2001－20456)の分割		株式会社村田製作所
(22)出願日	平成13年 1 月29日 (2001. 1. 29)	(72)発明者	高峰 裕一
			京都府長岡京市天神二丁目26番10号
(31)優先権主張番号	特願2000－116815(P2000－116815)	(74)代理人	100086597
(32)優先日	平成12年 4 月18日 (2000. 4. 18)		弁理士 宮▼崎▲ 主税
(33)優先権主張国	日本（J P）		Fターム(参考) 5J097 AA01 AA19 BB14 BB17 DD07
			DD08 DD13 DD28 FF03 GG03
			KK01 KK02 KK04 KK09

(54)【発明の名称】 縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

(57)【要約】

【課題】 広帯域化を図り得るだけでなく、通過帯域内における挿入損失を小さくし得る縦結合共振子型弾性表面波フィルタを得る。

【解決手段】 圧電基板2上に、弾性表面波伝搬方向に沿ってそれぞれ複数本の電極指を有する少なくとも3つのIDT13～15を備え、少なくとも1つのIDT13～15が、表面波伝搬方向に隣接している他のIDT端部から一部分である第1の部分の電極指の周期が、該IDTの残りの部分である第2の部分の電極指の周期と異なっている、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ1。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電基板と、前記圧電基板上において弾性表面波伝搬方向に沿って形成されており、それぞれ複数本の電極指を有する少なくとも3つのIDTとを備え、

少なくとも1つのIDTにおける、表面波伝搬方向に隣接している他のIDT側端部から一部分である第1の部分の電極指の周期が、該IDTの残りの部分である第2の部分の電極指の周期と異なり、第1、第2の部分の電極指の周期で決まる表面波の波長が、それぞれ $\lambda_{I1}$ 、 $\lambda_{I2}$ であることを特徴とする、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項2】 前記第1の部分の電極指の周期が、前記第2の部分の電極指の周期よりも小さい、請求項1に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項3】 前記第1の部分の電極指の周期が、前記第2の部分の電極指の周期の0.82～0.99倍である、請求項2に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項4】 隣合う一対のIDTの双方が、第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、前記一対のIDTの隣合う電極指中心間距離が、 $0.5\lambda_{I1}$ と略一致されている、請求項1～3のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項5】 隣合う一対のIDTの一方のみが、第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、前記一対のIDTの隣合う電極指中心間距離が、 $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ に略一致されていることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項6】 前記第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期と異ならされているIDTにおいて、第1の部分の電極指と、第2の部分の電極指とが隣合う箇所における電極指中心間距離が $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ に略一致していることを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項7】 第1、第2の部分の電極指を有するIDTと、該IDTに隣接するIDTとの隣合う電極指の極性が異なることを特徴とする、請求項1～6のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項8】 隣合う一対のIDTの隣合っている部分の両側において、第1の部分の電極指の合計の本数が18本以下である、請求項1～7のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項9】 隣り合う一対のIDTの、周期を異ならせていない電極指同士の間隔を、 $(0.08 + 0.5n)\lambda_{I2} \sim (0.24 + 0.5n)\lambda_{I2}$  ( $n$

$= 1, 2, 3, \dots$ ) としたことを特徴とする、請求項1～8のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項10】 隣り合う一対のIDTの、周期を異ならせていない電極指同士の間隔を、 $(0.13 + 0.5n)\lambda_{I2} \sim (0.23 + 0.5n)\lambda_{I2}$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) としたことを特徴とする、請求項1～9のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項11】 表面波伝搬方向において隣合う一対のIDTの双方が、前記第1、第2の部分の電極指の本数が異なることを特徴とする、請求項1～10のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項12】 前記圧電基板が、 $\text{LiTaO}_3$ 単結晶をX軸を中心にY軸方向に $36 \sim 44$ 度の範囲で回転させたものである、請求項1～11のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項13】 前記第1の部分の電極指の膜厚が、第2の部分の電極指の膜厚と異なる、請求項1～12のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項14】 前記第1の部分の電極指の膜厚が、前記第2の部分の電極指の膜厚よりも薄くされている、請求項13に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項15】 前記第1の部分の電極指がスプリット電極により構成されている、請求項1～14のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項16】 請求項1～15のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタが、少なくとも2段縦続接続されていることを特徴とする、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項17】 前記複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの少なくとも1つの段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける第1の部分の電極指の周期が、他の段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける前記第1の部分の電極指の周期と異ならされている、請求項16に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項18】 複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの各段において、前記第1の部分の電極指の周期が異なっている、請求項17に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項19】 少なくとも1つの直列共振子及び／または並列共振子が入力側及び／または出力側に接続されている、請求項1～18のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項20】 平衡－不平衡入出力を有するように構成されている、請求項1～19のいずれかに記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

【請求項21】 平衡－平衡入出力を有するように構成されている、請求項1～19に記載の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ。

性表面波フィルタ。

【請求項22】 請求項1～21のいずれかに記載の縦結合共振子弾性表面波フィルタを帯域フィルタとして備える、通信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、縦結合共振子弾性表面波フィルタに関し、特に、3個以上のIDT（インターデジタルトランスデューサ）を有する縦結合共振子弾性表面波フィルタに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、携帯電話機のRF段のバンドパスフィルタとして、弾性表面波フィルタが広く用いられている。バンドパスフィルタでは、低損失、高減衰量及び広帯域であることなどが求められ、弾性表面波フィルタにおいても、これらの要求を満たすために種々の提案がなされている。

【0003】下記の特許文献1には、縦結合共振子弾性表面波フィルタにおいて広帯域化を図る方法の一例が開示されている。ここでは、隣合うIDT間における電極指が周期的に並ぶ条件、より具体的には、弾性表面波伝搬方向に隣合う2個のIDTの隣接する電極指中心間距離を、電極指の周期で決まる波長の0.5倍からずらすことにより、共振モードを最適に配置する方法が採用されている。

【0004】

【特許文献1】特開平5-267990号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特許文献1のように、隣合うIDT間において、隣合う電極指の中心間距離を、電極指の周期で決まる波長の0.5倍からずらすと、その部分において弾性表面波伝搬路の周期的な連続性が悪化する。特に、漏洩弾性表面波（リーキー波）を用いる36°YカットX伝搬LiTaO<sub>3</sub>や64°YカットX伝搬LiNbO<sub>3</sub>などの圧電基板を用いた場合には、バルク波の放射による損失が増加することとなる。その結果、広帯域化を図ることは可能であっても、挿入損失が大きくなるという問題があった。

【0006】本発明の目的は、上述した特許文献1の問題点を解消し、広帯域化を図り得るだけでなく、通過帯域内における挿入損失を小さくし得る縦結合共振子弾性表面波フィルタを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の広い局面によれば、圧電基板と、前記圧電基板上において弾性表面波伝搬方向に沿って形成されており、それぞれ複数本の電極指を有する少なくとも3つのIDTとを備え、少なくとも1つのIDTにおける、表面波伝搬方向に隣接している他のIDT側端部から一部分である第1の部分の電極指の周期が、該IDTの残りの部分である第2の部分の

電極指の周期と異なっており、第1、第2の部分の電極指の周期で決まる表面波の波長が、それぞれ $\lambda I1$ 、 $\lambda I2$ である縦結合共振子弾性表面波フィルタが提供される。

【0008】本発明のある特定の局面では、第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期よりも小さくされている。本発明のより限定的な局面では、第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期の0.82～0.99倍である。

【0009】本発明の別の特定の局面では、隣合う一对のIDTの双方が、第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、前記一对のIDTの隣合う電極指中心間距離が、 $0.5\lambda I1$ と略一致されている。

【0010】本発明の他の特定の局面では、隣合う一对のIDTの一方のみが、第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、前記一对のIDTの隣合う電極指中心間距離が、 $0.25\lambda I1 + 0.25\lambda I2$ に略一致されている。

【0011】本発明のさらに他の特定の局面では、第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期と異ならされているIDTにおいて、第1の部分の電極指と、第2の部分の電極指とが隣合う箇所における電極指中心間距離が $0.25\lambda I1 + 0.25\lambda I2$ に略一致されている。

【0012】本発明のさらに別の特定の局面では、第1、第2の部分の電極指を有するIDTと、該IDTに隣接するIDTとの隣合う電極指の極性が異ならされている。本発明の別の特定の局面では、隣合う一对のIDTの隣合っている部分の両側において、第1の部分の電極指の合計の本数が18本以下とされている。

【0013】本発明のさらに別の特定の局面では、隣合う一对のIDTの、周期を異ならせていない電極指同士の間距離を、 $(0.08 + 0.5n)\lambda I2 \sim (0.24 + 0.5n)\lambda I2$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ )とされている。

【0014】本発明のさらに別の特定の局面では、隣合う一对のIDTの、周期を異ならせていない電極指同士の間距離を、 $(0.13 + 0.5n)\lambda I2 \sim (0.23 + 0.5n)\lambda I2$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ )とされている。

【0015】本発明のさらに別の特定の局面では、表面波伝搬方向において隣合う一对のIDTの双方が、上記第1、第2の部分の電極指の本数が異なるように構成されている。

【0016】本発明においては、上記圧電基板を構成する圧電材料は特に限定されるわけではないが、好ましくは、LiTaO<sub>3</sub>単結晶をX軸を中心にY軸方向に36～44度の範囲で回転させたものが用いられる。

【0017】本発明の他の特定の局面では、前記第1の

部分の電極指の膜厚が、第2の部分の電極指の膜厚と異なるように構成されている。この場合、好ましくは、前記第1の部分の電極指の膜厚が、前記第2の部分の電極指の膜厚よりも薄くされている。

【0018】また、本発明のさらに他の特定の局面では、前記第1の部分の電極指がスプリット電極により構成されている。本発明のさらに他の特定の局面では、本発明に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタが少なくとも2段縦続接続される。好ましくは、前記複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの少なくとも1つの段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける第1の部分の電極指の周期が、他の段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける前記第1の部分の電極指の周期と異ならされる。

【0019】また、本発明のより限定的な局面では、上記複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの各段において、前記第1の部分の電極指の周期が異なっている。本発明のさらに他の特定の局面では、少なくとも1つの直列共振子及び／または並列共振子が入力側及び／または出力側に接続されている。

【0020】本発明に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタは、平衡－不平衡入出力を有するように構成されてもよく、平衡－平衡入出力を有するように構成されていてもよい。

【0021】本発明に係る通信機は、本発明に従って構成された縦結合共振子型弾性表面波フィルタを帯域フィルタとして備える。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施例を説明することにより、本発明をより詳細に説明する。

【0023】図1は、本発明の第1の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタを説明するための略図的平面図である。なお、本実施例及び以下の実施例では、EGSM方式の携帯電話の受信用バンドパスフィルタに適用されるものである。もっとも、本発明に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタは、他の方式の携帯電話機や、携帯電話機以外の他の通信機器におけるバンドパスフィルタとしても用いることができる。

【0024】本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ1は、圧電基板2上に、図1に略図的平面図で示されている電極構造を形成することにより構成されている。圧電基板2は、 $36^\circ$  YカットX伝搬LiTaO<sub>3</sub>基板を用いて構成されている。もっとも、圧電基板2は、他の結晶方位のLiTaO<sub>3</sub>基板を用いて構成してもよく、あるいはLiTaO<sub>3</sub>基板以外の他の圧電材料、例えばLiNbO<sub>3</sub>基板や水晶などの圧電単結晶、あるいは圧電セラミックスを用いて構成してもよい。さらに、圧電基板2は、絶縁基板上にZnO薄膜などの圧電薄膜を形成することにより構成されていてもよい。

【0025】本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィ

ルタ1では、圧電基板2上にA1により以下に詳述する電極構造が形成されている。もっとも、電極材料としては、A1以外の金属もしくは合金を用いてもよい。

【0026】本実施例では、第1、第2の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ11、12が縦続接続されている。すなわち、2つの縦結合共振子型弾性表面波フィルタ11、12が2段縦続接続されている。

【0027】弾性表面波フィルタ11、12は、いずれも、表面波伝搬方向に沿って配置された3個のIDTを有する。すなわち、これらの弾性表面波フィルタ11、12は、3IDTタイプの縦結合共振子型弾性表面波フィルタである。また、弾性表面波フィルタ11、12の電極設計は同一とされている。

【0028】弾性表面波フィルタ11は、IDT13～15を有する。そして、IDT13～15が形成されている部分の表面波伝搬方向両側にグレーティング型の反射器16、17が配置されている。同様に、弾性表面波フィルタ12も、3個のIDT18～20及びIDT18～20が形成されている領域の表面波伝搬方向両側に配置されたグレーティング型反射器21、22とを有する。

【0029】本実施例では、弾性表面波フィルタ11の中央に配置されたIDT14の一端が入力端とされており、弾性表面波フィルタ12の中央に配置されているIDT19が出力端とされている。また、IDT13、15の一端が、それぞれ、IDT18、20の一端に接続されている。入出力端あるいはIDT相互に接続されている端部とは逆側の各IDT13～15、18～20の端部は図1から明らかなように、アース電位に接続されている。

【0030】本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ1の特徴は、弾性表面波フィルタ11、12において、隣合うIDT間の両側において、IDTの一部の電極指ピッチが、該IDTの残りの部分の電極指ピッチよりも狭められていることにある。これを、IDT13、14間を例にとり、より具体的に説明する。

【0031】IDT13とIDT14とは、表面波伝搬方向において隣合っている。IDT13のIDT14側の端部から数本の電極指13a、13b間の電極指ピッチが、残りの電極指13c、13d、13e、13f、13g間の電極指ピッチよりも狭められている。同様に、IDT14においても、IDT13側の端部の数本の電極指14a、14b間の電極指ピッチが、電極指14c、14d、14e、14f、14g間の電極指ピッチよりも狭められている。なお、IDT13において、上記のようにIDT14側端部から複数本の電極指13a、13b間の電極指ピッチが狭められている部分を第1の部分とし、残りの電極指13c～13gが配置されている部分を第2の部分とする。このように、本実施例の弾性表面波フィルタ1では、各IDTが、隣接するI

IDT側端部から複数本の電極指のピッチが、残りの電極指のピッチよりも狭められている。

【0032】なお、中央に配置されているIDT14においては、第1の部分は表面波伝搬方向両側に配置されている。すなわち、上述した電極指14a、14bが設けられている部分だけでなく、IDT15側の端部の複数本の電極指14h、14iが配置されている部分においても電極指ピッチが狭められており、従って、電極指14h、14iが設けられている部分も第1の部分となる。

【0033】IDT15においても、IDT14側に、IDT13と同様に第1の部分が構成されており、第1の部分以外が第2の部分を構成している。また、弾性表面波フィルタ12側のIDT18～20についても、IDT13～15と同様に構成されている。

【0034】なお、図1及び後述の変形例や他の実施例の電極構造を示す各図においては、実際の電極指の数よりも、図示を容易とするため電極指の数は少なく図示されている。

【0035】次に、本実施例の弾性表面波フィルタ1の電極構造の詳細をより具体的に説明する。いま、上記第1の部分の電極指ピッチで定められる表面波の波長を $\lambda I1$ 、第2の部分の電極指ピッチで定められる表面波の波長を $\lambda I2$ とする。

【0036】IDT13～18の電極指交差幅は、いずれも $35.8\lambda I2$ であり、電極膜厚は $0.08\lambda I2$ である。また、IDT13～15の電極指の本数は以下のとおりである。

【0037】IDT13…電極指の本数29本、但し、第1の部分の電極指の本数は4本、第2の部分の電極指の本数が25本。IDT14…電極指の本数33本、但し両側の第1の部分は、それぞれ電極指の本数が4本であり、中央の第2の部分の電極指の本数は $33-8=25$ 本である。IDT15…電極指の本数は29本であり、第1の部分の電極指の本数が4本、第2の部分の電極指の本数が25本。IDTの波長を示す上記 $\lambda I1$ は、 $3.90\mu m$ 、 $\lambda I2$ は $4.19\mu m$ である。

【0038】反射器16、17の電極指の本数は100本であり、波長 $\lambda R$ は $4.29\mu m$ である。

【0039】また、第1の部分と第2の部分との間隔は、図1のIDT13を例にとると、電極指13cの中心と電極指13bの中心との間の間隔となり、この間隔が、 $0.25\lambda I1+0.25\lambda I2$ である。他のIDTにおける第1の部分と第2の部分との間の間隔も同じ大きさとされている。さらに、隣合うIDT間、例えばIDT14とIDT15との隣合う電極指14i、15a間の中心間距離は、 $0.50\lambda I1$ とされている。

【0040】さらに、IDT13、15と、反射器16、17とのそれぞれの間隔、すなわちIDTの外側端

部と反射器の内側端との間の相互の電極指中心間距離は $0.50\lambda R$ である。

【0041】また、各IDT13～15のデューティは $0.73$ 、反射器のデューティは $0.55$ である。なお、ここでデューティとは、(電極指の幅+電極指間の間隔)に対する、電極指の幅の割合を示す。

【0042】なお、表面波フィルタ12の各IDT18～20及び反射器21、22についても、IDT13～15及び反射器16、17と全く同様に構成されている。本実施例は、第1、第2の部分の間隔及び隣合うIDT間、間隔が上記のように設計されていることに特徴を有する。なお、後程より詳細に説明するが、これらの間隔は、その周囲のIDTの波長の $0.50$ 倍、また、間隔の両側で波長が異なる場合には、これらの波長の $0.25$ 倍を加えた間隔にしておくことが、IDTの連続性を保つ上で好ましい。

【0043】比較のために、従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタを用意した。この従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を図2に示す。図2から明らかなように、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ201は、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ1のような2種の間隔が設けられておらず、全ての電極指間、間隔が等しいことを除いては、同様に構成されている。従って、同一部分については、上記実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの各部分を示す参照番号に200加えた参照番号を付することにより、その詳細な説明は省略する。この比較のために用意した弾性表面波フィルタ201では、電極構造の詳細は以下のとおりとした。

【0044】すなわち、IDT213～215、218～220の交差幅 $W$ は $43.2\lambda I$ とした。また、IDTの電極指の本数は、以下のとおりとした。IDT213、215、218、220…25本。IDT214、219…31本。

【0045】IDTの波長 $\lambda I$ は、 $4.17\mu m$ 、反射器の波長 $\lambda R$ は $4.29\mu m$ 。反射器の電極指の本数は、それぞれ100本とした。また、隣合うIDT-IDT間の電極指中心間距離は $0.32\lambda I$ とし、反射器と反射器に隣接するIDTとの電極指中心間距離は $0.50\lambda R$ とした。さらに、IDTのデューティ及び反射器のデューティは実施例と同様とし、電極膜厚については $0.08\lambda I$ とした。

【0046】上記のようにして用意された実施例及び従来例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を測定した。結果を図3に示す。図3の実線が実施例の結果を、破線が従来例の結果を示す。また、破線及び実線で示される各振幅特性の要部を、縦軸の右側のスケールで拡大した特性を併せて示す。

【0047】図3から明らかなように、本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ1では、従来例に比べて、通過帯域内の挿入損失を大幅に改善し得ることがわ

かる。例えば、通過帯域内の最小挿入損失は、従来例では約2.3 dBであるのに対し、本実施例では、約1.7 dBであり、約0.6 dB改善していることがわかる。

【0048】また、従来例では、スルーレベルから4.5 dBの減衰量の帯域幅は約44 MHzであったのに対し、実施例では、スルーレベルから3.9 dBの減衰量で同じ帯域幅が得られている。すなわち、通過帯域全体で比べた場合、実施例によれば、従来例に比べて約0.6 dBだけ、挿入損失が改善される。

【0049】本実施例において、上記のように挿入損失を改善し得た理由は、以下のとおりである。従来の3 IDTタイプの縦結合共振器型弾性表面波フィルタの設計では、隣合うIDT間の電極指中心間距離は $0.25\lambda$  I前後とされていた。これは、インピーダンスを $50\Omega$ から $500\Omega$ に変更することにより明らかにされている図4の従来例の弾性表面波フィルタの周波数特性における矢印A～Cで示されるピークを有する3つの共振モードを利用して通過帯域を形成するためである。すなわち、図5に示す電極構造において、下方に略図的に示されている0次モード（図4の矢印B）及び2次モード（図4の矢印A）の他に、IDT-IDT間隔部分に弾性表面波の強度分布のピークを持つ共振モード（図4の矢印C）も利用することにより、通過帯域が形成されていた。

【0050】しかしながら、IDT-IDT間隔が $0.25\lambda$  Iとされているので、表面波伝搬路中に不連続部分が発生することとなっていた。不連続部分ではバルク波として放射する成分が多くなるため、伝搬損失が大きくなるという問題が生じる。

【0051】従って、上記伝搬損失を小さくするには、IDT-IDT間隔を $0.50\lambda$  Iとし、不連続部分をなくせばよいと考えられる。しかしながら、IDT-IDT間隔を $0.50\lambda$  Iとした場合には、上記のような3つのモードを利用することができなくなり、広帯域化を図ることはできないという問題が生じる。

【0052】本実施例は、上記2つの問題を解決するために、隣合うIDT間において、上記第1、第2の部分の設け、すなわち電極指ピッチをIDT内で部分的に変更することにより、3つの共振モードを利用して通過帯域を形成すると共に、IDT-IDT間隔を該間隔の両側のIDTの波長の約0.50倍とすることにより、バルク波として放射される損失を低減したことに特徴を有する。

【0053】また、一般に、伝搬路中を伝搬している表面波の波長に対し、電極指の周期が小さい場合には、弾性表面波そのものの伝搬損失が小さくなる。従って、上記のように、第1の部分では、第2の部分に比べて電極指ピッチが小さくされているので、それによっても弾性表面波の伝搬損失が低減される。

【0054】従って、図3に示したように、広帯域化が図られた従来例と同様の通過帯域幅を有するにもかかわらず、通過帯域内の挿入損失を従来例に比べて著しく小さくすることができる。

【0055】本願発明者は、上記第1の部分における電極指ピッチを、第2の部分に対してどの程度小さくすれば、より良好な結果を得られるかを検討した。すなわち、図1に示した実施例の縦結合共振器型弾性表面波フィルタの第1の部分における電極指ピッチを種々異ならせ、それによって伝搬損失がどのように変化するかを調べた。図6に結果を示す。

【0056】図6の横軸は第1の部分の電極指ピッチの第2の部分の電極指ピッチに対する比（これを狭ピッチ電極指のピッチ比とする）を示し、縦軸は伝搬損失を示す。なお、図6における伝搬損失とは、通過帯域内の挿入損失からインピーダンスの不整合による損失及び電極指の抵抗分によるオーミック損失を差し引いた値である。

【0057】なお、図6の結果を得るにあたっては、電極指ピッチが狭い電極指の本数を8本、12本及び18本と異ならせた場合の結果を示す。ここで、電極指ピッチが狭い電極指の本数とは、IDT13～15を例にとると、IDT13の第1の部分の電極指の本数（図1では2本が図示されている）と、IDT14のIDT13側の第1の部分の狭ピッチの電極指の本数（図1では2本）の合計をいうものとし、この場合図1では4本が図示されているが、上記のように8本、12本あるいは18本とした。

【0058】同様に、IDT15と、IDT14とが隣合う部分では、電極指ピッチの狭い電極指の本数の合計は、図1では4本と図示されているが、これについても、上記のように8本、12本及び18本とした。すなわち、図1は、上記電極指ピッチが狭い電極指の本数が4本である設計を図示していることになる。以下の説明において、「狭ピッチ電極指の本数」とは、上記のようにして定義された値であることを意味する。

【0059】図6から明らかなように、狭ピッチ電極指のピッチ比が0.95付近において、どの狭ピッチ電極指の本数の場合にも、伝搬損失が最も小さくなることがわかる。この伝搬損失の改善分は、バルク波として放射する損失が低減した分と、電極指ピッチを小さくしたことによる弾性表面波の伝搬損失が低減した分との合計と考えられる。

【0060】すなわち、帯域内挿入損失を小さくするには、上記狭ピッチ電極指のピッチ比をこの程度の値にするのが好ましいことがわかる。次に、従来例に対して伝搬損失が小さくなる範囲を確かめた。従来法における設計では、伝搬損失が約1.9 dBであった。これに対して、後程説明するが、本実施例では、狭ピッチ電極指の本数は18本以下にすることが好ましい。



【0061】図6から明らかなように、伝搬損失の低減効果が見られる範囲は、狭ピッチ電極指のピッチ比が0.83～0.99の範囲であることがわかる。もっとも、狭ピッチ電極指のピッチ比が0.83未満でも、条件によっては伝搬損失が小さくなっているが、電極の加工精度に制約があることを考えれば、0.83～0.99付近が好ましいことがわかる。

【0062】次に、狭ピッチ電極指の本数の好ましい範囲を確認した。図7は、狭ピッチ電極指の本数を、8本及び12本としたときの、それぞれにおける通過帯域内のインピーダンス整合を図るように、各設計パラメータを調整した場合の反射特性を示す。図7(a)が、狭ピッチ電極指の本数が8本の場合を示し、図7(b)が狭ピッチ電極指の本数が12本の場合を示す。

【0063】狭ピッチ電極指の本数を多くすると、インピーダンスの集中度が悪くなる傾向があり、すなわちVSWRや帯域内偏差が悪化する傾向がある。また、帯域内偏差が悪化することで、通過帯域幅が狭くなる傾向にある。そこで、上記実施例の設計を基本とし、狭ピッチ電極指の本数を变化させた場合のVSWRと通過帯域幅の変化を測定した。その結果を図8及び図32に示す。

【0064】なお、図8におけるVSWRの値、また図32における通過帯域幅の値は、それぞれの狭ピッチ電極指の本数において、通過帯域内のインピーダンス整合を図るように、交差幅及び狭ピッチ電極指におけるピッチなどを变化させた場合の値である。一般に、VSWRの値は2.5以下とすることが望ましく、また通過帯域幅は、温度による特性の変化や特性バラツキ等を考慮すると、EGSM方式では42MHz以上であることが望ましい。

【0065】図8において、VSWRが2.5以下である範囲は、狭ピッチ電極指の本数が18本以下である。また、図32から明らかなように、通過帯域幅が42MHz以上である狭ピッチ電極指の本数も18本以下である。すなわち、狭ピッチ電極指の本数を18本以下とすることが好ましく、それによってインピーダンスの集中度が高くなり、VSWRや帯域内偏差が小さく、また十分な通過帯域幅を持つ縦結合共振子型弾性表面波フィルタが得られることがわかる。

【0066】次に隣り合うIDT間の間隔を、実施例から変更した場合の伝搬損失の変化を調査した。その結果を図33に示す。図33は、隣り合うIDT間の間隔、例えば図1におけるIDT14とIDT15との隣り合う電極指14i、15a間の中心間距離は実施例では $0.50\lambda I1$ とされているが、この $0.50\lambda I1$ を0として、そこからの中心間距離の変化に対する伝搬損失の変化をプロットしたものである。図33において、隣り合うIDT間の中心間距離を变化させると、伝搬損失が悪化している。つまり、低損失なフィルタを得るためには、隣り合うIDT間の中心間距離は、 $0.50\lambda$

I1であることが望ましいことがわかる。同様に、ピッチが異なる第1の部分と第2の部分との間隔は、実施例にあるように $0.25\lambda I1 + 0.25\lambda I2$ であることが、低損失なフィルタを得るためには望ましい。

【0067】次に、ピッチを小さくしていない電極指同士の中心間距離、図1で説明すると、例えば電極指13cと14cの中心間距離は、どの程度が望ましいかを調査した。その結果を図34に示す。図34は、本発明の構成において、EGSM方式だけではなく、DCS方式、PCS方式等、様々な用途に対しフィルタを最適な特性となるように設計した場合の、ピッチを小さくしていない電極指同士の中心間距離を調査した結果である。これらの設計はすべて、それぞれの方式における必要帯域幅を有し、かつVSWRが2.5以下となる様に設計したものである。横軸は、ピッチを小さくしていない電極指同士の中心間距離を、ピッチを小さくしていない電極指の波長比であらわした値であるが、この値は、それぞれの場合の中心間距離から、 $0.5n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ )の値を引いて、すべての値が0.0～0.5の範囲となるようにした値である。例えば、波長比で4.73であったとすると、図34では0.23としてプロットしている。

【0068】図34において、ピッチを小さくしていない電極指同士の中心間距離は、約0.13～0.23に集中しており、さらにすべての場合において、0.08～0.24の範囲に入っている。図2のような従来技術においては、この中心間距離は約0.25～0.30であることが望ましかったが、本発明の場合は0.08～0.24、望ましくは0.13～0.23の範囲がよいことがわかる。

【0069】なお、本実施例では、 $36^\circ$  YカットX伝搬LiTaO<sub>3</sub>基板を用いたが、他の結晶方位のLiTaO<sub>3</sub>基板やLiNbO<sub>3</sub>基板などを用いてもよく、例えば、 $36\sim 44^\circ$  YカットX伝搬LiTaO<sub>3</sub>基板、 $64\sim 72^\circ$  YカットX伝搬LiNbO<sub>3</sub>基板、 $41^\circ$  YカットX伝搬LiNbO<sub>3</sub>基板などのリーキー波を用いる圧電基板において特に大きな効果を得ることができる。

【0070】また、本実施例では、3IDT型縦結合共振子型弾性表面波フィルタが2段縦続接続されていたが、図9に示すように、1段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ31においても、本実施例と同様に構成することにより、本発明の効果を得ることができる。さらに、3個のIDTを有するものに限定されず、例えば図10に示す縦結合共振子型弾性表面波フィルタ32のように、5個のIDT33～37を有するものにも、本発明を適用することにより、本発明の効果を得ることができる。

【0071】すなわち、本発明においては、縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおけるIDTの数は、3個に

限らず、5個以上であってもよく、並びに、縦結合共振子型弾性表面波フィルタは複数段構成を有するものに限定されない。

【0072】(第2の実施例)図11は、本発明の第2の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。

【0073】第2の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ41は、表面波伝搬方向中央に配置されたIDT14、19が反転されていることを除いては、第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ1と全く同様に構成されている。

【0074】すなわち、第1の実施例では、隣合うIDTの隣合う電極指はアース電位に接続されていたのに対し、第2の実施例では、IDT14、19の最外側の電極指がアース電位ではなく、入出力端に接続されている。従って、隣合うIDT間において、シグナル電極である電極指と外側のIDTのアース電位に接続される電極指とが隣合っていることになる。

【0075】より具体的には、図11において、IDT13、15のIDT14側端部の電極指13a、15aがアース電位に接続されているのに対し、電極指13a、15aと隣合っているIDT14の電極指14a、14iが入力端に接続されている。すなわち、隣合うIDT間において、隣合う電極指の極性が反転されている。弾性表面波フィルタ12においても同様に構成されている。

【0076】従って、第2の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタは、隣合うIDT間の隣合う電極指の極性が反転されている縦結合共振子型弾性表面波フィルタを2段縦続接続した構成を有する。

【0077】図12に、第2の実施例の弾性表面波フィルタ41と、第1の実施例の弾性表面波フィルタ1の共振モードの違いを示す。ここでは、入出力インピーダンスを50Ωから500Ωに変えて共振モードを確認した結果が示されている。

【0078】図12において、実線が第2の実施例の結果を、破線が第1の実施例についての結果を示す。図12のDは、IDT-IDT間隔に弾性表面波の強度分布のピークを有する定在波の共振モードを示し、Eが0次モード、Gが2次モードであり、Fは2段縦続接続により発生したモードである。

【0079】第1の実施例と第2の実施例の大きな相違点は、第2の実施例においては、矢印Dで示す共振モードのレベルが大きくなっていることである。第1の実施例では、隣合うIDT同士の隣合う電極指がアース電位に接続されているので、IDT-IDT間の弾性表面波を電気信号に変換することができない。その結果、IDT-IDT間隔部に強度のピークを有する共振モードDの電気信号への変換効率が低下する。

【0080】これに対して、第2の実施例では、隣合う

IDT同士の隣接する電極指の極性が反転されているので、IDT-IDT間隔部でも弾性表面波が電気信号に変換される。従って、上記共振モードDの電気信号への変換効率が高められる。

【0081】図13は、第2の実施例及び第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性及び縦軸の挿入損失を右側のスケールで拡大した各振幅特性を示す。なお、図13の第2の実施例(実線)の振幅特性は、モードの周波数、及びレベルが変化した分によるインピーダンスのずれを補正するために、第1の実施例における設計条件から、交差幅を33.4λI2、狭ピッチ電極指の波長を3.88μmに変更することにより得られたものである。

【0082】図13から明らかなように、第2の実施例によれば、第1の実施例(破線)に比べて、さらに通過帯域内の挿入損失を改善することができ、通過帯域幅も広がっていることがわかる。従って、隣合うIDT間の隣合う電極指の極性を反転させることが好ましく、それによって、より一層挿入損失が小さくかつ通過帯域幅の広い縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供することができる。

【0083】なお、第2の実施例の効果は、2段縦続接続した縦結合共振子型弾性表面波フィルタ11、12の一方のみにおいて、上記のようにIDT間の隣合う電極指の極性を反転させた場合においても得ることができる。

【0084】(第3の実施例)図14は、本発明の第3の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。

【0085】第3の実施例の弾性表面波フィルタ51では、第1の実施例と、狭ピッチ電極指の本数は異ならないが、IDT13の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数と、IDT14のIDT13側の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数が異なるように構成されており、かつIDT15の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数と、IDT14のIDT15側の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数が異なるように構成されている。その他の点については、第1の実施例と同様に構成されているので、同一部分については、同一の参照番号を付することにより、第1の実施例の説明を援用することとする。第1の実施例と異なる点をより具体的に説明する。本実施例では、弾性表面波フィルタ12のIDT13～15の電極指の本数は以下のとおりである。

【0086】IDT13…30本、但し第1の部分の電極指の本数が5本、第2の部分の電極指の本数が25本。IDT14…電極指の本数33本、但し、両側の第1の部分は、それぞれ狭ピッチ電極指を3本有し、中央の第2の部分は27本の電極指を有する。IDT15…30本、但し第1の部分の電極指の本数は5本、第2の部分の電極指の本数は25本。

【0087】また、本実施例においても、弾性表面波フィルタ11, 12は同様に構成されている。なお、図14では、図示を簡略化するために、電極指の本数は減らされて図示されている。すなわち、図14では、IDT14においては、狭ピッチ電極指は左右1本ずつ設けられており、かつIDT13, 15の第1の部分では、狭ピッチ電極指の数は3本であるかのように図示されている。

【0088】本実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ51の反射特性を図15(b)に示す。また、比較のために、第1の実施例の弾性表面波フィルタにおける反射特性を図15(c)に示す。

【0089】第3の実施例では、隣合うIDT間の両側の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数が異なるように構成されており、さらにインピーダンスを50Ωに整合するために、電極指交差幅は47.7λI2とされている。

【0090】図15から明らかなように、第3の実施例では、第1の実施例に比べてインピーダンス集中度が悪化していることがわかる。また、逆にIDT14の狭ピッチ電極指の本数を、増加させた場合の反射特性を図15(a)に示す。この場合の変更点は、第3の実施例において、IDT13, 15, 18, 20の電極指の総本数が28本、第1の部分の電極指の本数が3本、第2の部分の電極指の本数が25本、中央に配置されるIDT14, 19の電極指の総本数を37本とし、両側の第1の部分の電極指の本数をそれぞれ5本とし、中央の第2の部分の電極指の本数を27本とされていること、並びに交差幅が28.6λI2とされていることにある。図15(a)から明らかなように、この場合には、インピーダンス集中度は、第1の実施例に比べて高められるが、インピーダンスが全体的に容量性になることがわかる。

【0091】第3の実施例及び図15(b)に示した反射特性を有する変形例では、EGSM方式の受信段の帯域フィルタには必ずしも好適なものではないが、他の用途では上記第3の実施例及び変形例が有効であることがある。例えば、図15(b)に示すように、インピーダンス集中度が悪化した場合、VSWRが悪化する傾向が見られるが、通過帯域幅は広がる傾向にある。

【0092】すなわち、図16(a)及び(b)の実線は、上記第3の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性及びVSWR特性を示す図である。比較のために、図16(a)及び(b)に、破線により、第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ11の振幅特性及びVSWR特性を示す。

【0093】図16から明らかなように、第3の実施例によれば、第1の実施例の場合に比べて、VSWRは約0.2悪化しているが、スルーレベルから4dBにおける通過帯域幅は約1.5MHz広がっていることがわか

る。この場合、通過帯域内の挿入損失レベルはほとんど変わっておらず、従って低損失を維持したまま広帯域化し得ることがわかる。

【0094】すなわち、第3の実施例によれば、VSWRが多少悪化したとしても、通過帯域内における損失の低減及び通過帯域幅の拡大が要求される用途に好適な縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供し得ることがわかる。

【0095】次に、図15(a)に示したように、インピーダンス集中度は良好であるが、インピーダンスが容量性となった場合に有効な例を説明する。

【0096】図17(a)及び(b)は、上記変形例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性及びVSWR特性を実線で示す。比較のために、破線により第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性及びVSWR特性を示す。なお、図17の結果を得た変形例では、電極指交差幅は31.0λI2とし、IDT13, 15, 18, 20の電極指の総本数は28本、第1の部分の電極指の本数が3本、第2の部分の電極指の本数が25本であり、中央のIDT14, 19の電極指の総本数は47本、該IDT14, 19の両側の第1の部分の電極指の本数は各5本、中央の第2の部分の電極指の本数は37本とした。また、IDTの波長λI1は3.88μmである。その他の点については第1の実施例と同様とした。

【0097】図17から明らかなように、上記変形例では、第1の実施例の弾性表面波フィルタ11に比べて、スルーレベルから4dBにおける通過帯域幅が約3.5MHz狭くなっているが、VSWRは約0.7だけ改善している。この場合、通過帯域内の挿入損失レベルはほとんど変わっておらず、従って低損失を維持したまま、VSWRが改善される。すなわち、通過帯域幅が狭くとも、通過帯域内の損失の低減及びVSWRの低減が要求される用途に有効な縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供し得ることがわかる。

【0098】上記のように、第3の実施例のように、第1の部分の電極指、すなわち狭ピッチ電極指の本数のバランスを変えることにより、通過帯域内の挿入損失の低減を図ったまま、様々な用途に応じたバンドパスフィルタを容易に提供し得ることがわかる。

【0099】(第4の実施例)図18(a)及び(b)は、第4の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタを説明するための模式的平面図及び電極指と交差する方向に沿う模式的断面図である。図18(b)は、図18(a)の一点鎖線X、X間の模式的断面図である。図18(a)に示す電極構造は、図1に示した第1の実施例と全く同様である。

【0100】従って、同一部分については、同一の参照番号を付することとする。本実施例の特徴は、図18(b)に明瞭に表れている。すなわち、IDT19, 2

0及び反射器22が設けられている部分を代表して示すように、狭ピッチ電極指の膜厚が、他の電極指や反射器の電極の膜厚よりも薄くされている。すなわち、図18(b)に示すように、IDT19のIDT20側の第1の部分の電極指19f、19g及びIDT20のIDT19側の第1の部分の電極指20a、20bの膜厚が、残りの電極指や反射器22の電極指の膜厚よりも薄くされている。同様に、図18(a)に示す隣合うIDT間の部分においても、両側の狭ピッチ電極指の膜厚は、残りの電極指の膜厚よりも薄くされている。より具体的には、本実施例では、狭ピッチ電極指の電極の膜厚が、 $0.06\lambda I2$ とされており、残りの電極指の膜厚は $0.08\lambda I2$ とされている。

【0101】また、本実施例では、狭ピッチ電極指の膜厚を薄くしたため、第1の実施例と、電極指交差幅が $3.8.2\lambda I2$ 及び $\lambda I1=3.93\mu m$ となるように設計が変更されている。その他の点については第1の実施例と同様である。

【0102】第4の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を図19に実線で示す。比較のために、第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ11の振幅特性を破線で示す。

【0103】図19から明らかなように、第1の実施例に比べて、第4の実施例によれば、通過帯域内における挿入損失がさらに改善される。一般に、リーキー波を用いる弾性表面波フィルタでは、A1からなる電極の膜厚を薄くすることにより、バルク波の放射による損失が小さくなる傾向がある。しかしながら、電極の膜厚を薄くすると、電気機械結合係数が小さくなることと、及び反射器のストップバンド幅が狭くなることなどにより、広帯域化を図れないという問題があった。

【0104】第4の実施例では、この問題を解決するために、バルク波の放射が最も生じ易いIDT-IDT間、すなわち狭ピッチ電極指が設けられている部分において電極指の膜厚を薄くしている。これによって、広帯域幅を維持したまま、バルク波の放射による損失を低減でき、良好な特性が得られる。

【0105】(第5の実施例)図20は、第5の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。

【0106】本実施例の特徴は、狭ピッチ電極指が分割電極指 $13f_1$ 、 $13f_2$ に代表されるようなスプリット電極により構成されている。その他の点については、第1の実施例とほぼ同様である。変更した点のみを以下に記載する。

【0107】すなわち、第5の実施例では、電極指交差幅は $3.5.7\lambda I2$ 、IDTの波長 $\lambda I2$ が $4.20\mu m$ 、 $\lambda I1$ が $4.04\mu m$ とされている。

【0108】図21には、第5の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性が実線で示されて

いる。破線は、第1の実施例で示した従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を示す。

【0109】図21から明らかなように、第5の実施例においても、従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタに比べて通過帯域内における挿入損失を改善し得ることがわかる。

【0110】従って、本発明においては、狭ピッチ電極指については、複数本、通常は2本の分割電極指からなるスプリット電極を用いて構成してもよいことがわかる。

【0111】(第6の実施例)第6の実施例は、回路構成自体は第1の実施例と全く同様である。従って、第1の実施例について行った説明を援用することにより、その詳細な説明は省略する。

【0112】第6の実施例が第1の実施例と異なる点は、弾性表面波フィルタ12のIDT18~20における第1の部分の電極指、すなわち狭ピッチ電極指の波長が $3.88\mu m$ とされている。その他の点については第1の実施例と同様である。

【0113】すなわち、第6の実施例では、図1に示した2段縦続接続されている縦結合共振子型弾性表面波フィルタ11、12において、狭ピッチ電極指の波長が異ならされている。

【0114】図22に、実線で第6の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を、破線で第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を示す。

【0115】図22から明らかなように、第6の実施例によれば、第1の実施例に比べて通過帯域幅を拡大し得ることがわかる。この場合、VSWRの値は、第1、第6の実施例のいずれにおいても約2.0であった。従って、第6の実施例によれば、VSWRを悪化させることなく、通過帯域幅を拡大し得る。

【0116】このように、複数の弾性表面波フィルタを縦続接続する場合、各段の弾性表面波フィルタの狭ピッチ電極指の構成を異ならせることにより、すなわち少なくとも1つの段の弾性表面波フィルタの狭ピッチ電極指の構成を残りの段の弾性表面波フィルタの狭ピッチ電極指の構成と異ならせることにより、通過帯域幅を広げ得ることがわかる。

【0117】(第7の実施例)図23は、第7の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタ61の電極構造を示す模式的平面図である。本実施例では、図9に示した縦結合共振子型弾性表面波フィルタ31の変形例に相当する。すなわち、1段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ31の中央のIDT14と入力端との間に直列共振子としての弾性表面波共振子62が直列に接続されている。

【0118】本実施例のように、本発明においては縦結合共振子型弾性表面波フィルタに直列に弾性表面波共振

子が接続されてもよい。従来より、縦結合共振器型弾性表面波フィルタに直列に弾性表面波共振子を接続することにより、通過帯域外減衰量の拡大を図り得ることが知られている。しかしながら、通過帯域外減衰量は増大するものの、通過帯域内における挿入損失が大きくなるという問題があった。

【0119】これに対して、本実施例では、本発明に従って構成された上記縦結合共振器型弾性表面波フィルタを用いているため、挿入損失の悪化は小さくなる。すなわち、縦結合共振器型弾性表面波フィルタ31に弾性表面波共振子62を直列接続することにより、通過帯域内の挿入損失の低減を図りつつ、通過帯域外の減衰量を拡大することができ、良好なフィルタ特性を得ることができる。

【0120】同様に、本発明の縦結合共振器型弾性表面波フィルタでは、通過帯域内の挿入損失を低減し得るので、本発明に従って構成された縦結合共振器型弾性表面波フィルタに並列に弾性表面波共振子を接続してもよく、その場合には、通過帯域内における挿入損失の低減を図りつつ、通過帯域外減衰量の拡大を図ることができる。

【0121】また、直列接続された弾性表面波共振子と並列接続された弾性表面波共振子の双方を有していてもよい。

【0122】(第8の実施例)図24は、第8の実施例に係る縦結合共振器型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。第8の実施例に係る縦結合共振器型弾性表面波フィルタ71は、図9に示した縦結合共振器型弾性表面波フィルタと同様の電極構造を有する。異なるところは、図9に示した弾性表面波フィルタでは、アンバランス入力ーアンバランス出力とされていたのに対し、本実施例では、中央のIDTの一端が入力端に接続されているだけでなく、他端からも信号を取り出せるように端子72が設けられている。

【0123】近年、縦結合共振器型弾性表面波フィルタでは、平衡ー不平衡変換機能を持たせることが求められている。図24に示した第8の実施例では、端子74を入力端子、端子72、73を出力端子とすることにより、不平衡入力ー平衡出力タイプのフィルタを構成することができる。逆に、端子72、73を入力端子、端子74を出力端子とすれば、平衡入力ー不平衡出力タイプのフィルタを構成することができる。従って、通過帯域内の挿入損失が小さい、平衡ー不平衡変換機能を有する弾性表面波フィルタを提供することができる。このような平衡ー不平衡変換機能を有する弾性表面波フィルタの変形例を、図25～図30に示す。

【0124】図25に示す縦結合共振器型弾性表面波フィルタ81では、外側のIDT13、15が平衡入出力を取り出し得るように構成されており、中央のIDT14が不平衡入出力端子82に接続されている。

【0125】図26に示す縦結合共振器型弾性表面波フィルタ85では、IDT14に対するIDT13、15の位相が逆転されて、平衡ー不平衡変換機能が実現されている。

【0126】さらに、図27に示す縦結合共振器型弾性表面波フィルタ86では、2段縦続接続されている弾性表面波フィルタ11、12において、IDT18、20の位相が反転されており、IDT19からバランス信号を取り出し得るようにIDT19に端子87、88が接続されている。

【0127】図28に示す縦結合共振器型弾性表面波フィルタ91では、2段の縦結合共振器型弾性表面波フィルタ11、12において、バランス端子を取り出す側の弾性表面波フィルタ12が、交差幅が弾性表面波フィルタ11の半分である2個の弾性表面波フィルタ92、93に分割されており、かつ弾性表面波フィルタ92、93の位相が反転されている。

【0128】さらに、図29に示すように、2段の縦結合共振器型弾性表面波フィルタ11、12を有する構成において、第2の弾性表面波フィルタ12を縦結合共振器型弾性表面波フィルタ96、97に分割し、かつ第1の弾性表面波フィルタ11のIDT14に対するIDT13、15の位相を反転させることにより、平衡ー不平衡変換機能が持たされている。

【0129】図30に示す縦結合共振器型弾性表面波フィルタ101では、2段の縦結合共振器型弾性表面波フィルタのそれぞれが交差幅を半分にして分割して並列接続されている。すなわち、縦結合共振器型弾性表面波フィルタ11が、2つの縦結合共振器型弾性表面波フィルタ11A、11Bに分割されており、縦結合共振器型弾性表面波フィルタ12が、縦結合共振器型弾性表面波フィルタ12A、12Bに分割されている。

【0130】このうち1組の弾性表面波フィルタの位相を反転させるようにして、平衡ー不平衡変換機能が持たされている。すなわち、図25～図30に示したように、様々な構造により、第8の実施例と同様に、挿入損失を低減しつつ、平衡ー不平衡変換機能を有する弾性表面波フィルタを提供することができる。

【0131】(第9の実施例)図31は、本発明の第9の実施例に係る縦結合共振器型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。本実施例の縦結合共振器型弾性表面波フィルタ111は、図8に示した縦結合共振器型弾性表面波フィルタと電極構造は同一である。異なるところは、全てのIDT13～15の端部から信号を取り出し得るように、端子112～115が設けられていることにある。

【0132】ここでは、端子112、115と、端子113、114のそれぞれからバランス信号を得ることができるので、平衡入力ー平衡出力の弾性表面波フィルタを得ることができる。本実施例においても、本発明に従

って縦結合共振子型弾性表面波フィルタが構成されているので、通過帯域内の挿入損失が小さい、平衡入出力タイプの弾性表面波フィルタを提供することができる。

【0133】図35は、本発明に係る弾性表面波装置を用いた通信機160を説明するための各概略ブロック図である。図35において、アンテナ161に、デュプレクサ162が接続されている。デュプレクサ162と受信側ミキサ163との間に、RF段を構成する弾性表面波フィルタ164及び増幅器165が接続されている。さらにミキサ163にIF段の弾性表面波フィルタ169が接続されている。また、デュプレクサ162と送信側のミキサ166との間には、RF段を構成する増幅器167及び弾性表面波フィルタ168が接続されている。

【0134】上記通信機160におけるRF段の表面波フィルタ164、168、169として本発明に従って構成された縦結合共振子型弾性表面波フィルタを好適に用いることができる。

【0135】

【発明の効果】本発明に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタでは、少なくとも3つのIDTのうち少なくとも1つのIDTが、表面波伝搬方向に隣接している他のIDT端部から一部分である第1の部分の電極指の周期が、残りの部分である第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されているので、通過帯域幅の拡大を図り得るだけでなく、通過帯域内の挿入損失を低減することが可能となる。

【0136】従って、広帯域であり、かつ通過帯域内の損失が小さい縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供することができる。第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期よりも小さい場合には、表面波の伝搬損失を低減することができ、通過帯域内における挿入損失をより小さくすることができる。

【0137】特に、第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期の0.82～0.99倍の場合には、表面波の伝搬損失をより一層小さくすることができる。一对のIDTの隣合う電極指中心間距離が $0.5\lambda_{I1}$ に略一致されている場合には、バルク波として放射する損失を低減することができ、挿入損失をより一層低減することができる。

【0138】隣合う一对のIDTの一方のみが、第1の部分及び第2の部分の有するよう構成されている場合には、一对のIDTの隣合う電極指中心間距離が、 $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ に略一致されている場合には、同様に、バルク波として放射する損失を低減することができ、通過帯域内の挿入損失をより一層低減することができる。

【0139】第1の部分の電極指と第2の部分の電極指とが隣合う箇所における電極指中心間距離が $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ に略一致している場合には、同様

にバルク波として放射する損失を低減することができ、より一層通過帯域内における挿入損失を低減することができる。

【0140】第1、第2の部分の有するIDTと、該IDTに隣接するIDTとの隣合う電極指の極性が異なる場合には、IDT-IDT間においても弾性表面波が電気信号に変換され、それによって電気信号への変換効率が高められ、通過帯域内における挿入損失をより一層改善することができ、かつ通過帯域幅も拡大することができる。

【0141】隣合う一对のIDTの隣合っている部分の両側において、第1の部分の電極指の合計の本数が18本以下の場合には、インピーダンス集中度が高められ、VSWRの小さい縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供することができる。

【0142】隣り合う一对のIDTの、周期を異ならせていない電極同士の間隔距離を、 $(0.08 + 0.5n)\lambda_{I2} \sim (0.24 + 0.5n)\lambda_{I2}$ とした場合には、より好ましくは $(0.13 + 0.5n)\lambda_{I2} \sim (0.23 + 0.5n)\lambda_{I2}$ とした場合には、EGSM方式、DCS方式、PCS方式等の様々な用途に応じて必要な帯域幅を確保でき、かつVSWRを確実に小さくすることができる。

【0143】表面波伝搬方向において隣合う一对のIDTの双方が第1、第2の部分の有し、双方のIDTにおける第1の部分の電極指の本数が異なる場合には、インピーダンス集中度は悪化し、VSWRが悪化するものの、通過帯域幅のより一層の拡大を図ることができる。

【0144】圧電基板として、 $\text{LiTaO}_3$ 単結晶をX軸を中心にY軸方向に $36 \sim 44^\circ$ の範囲で回転させたものを用いた場合には、本発明に従って通過帯域幅が広く、かつ通過帯域内における挿入損失が小さい縦結合共振子型弾性表面波フィルタを容易に得ることができる。

【0145】第1の部分の電極指の膜厚が第2の部分の電極指の膜厚と異なる場合には、電極膜厚を調整することにより、バルク波の放射による損失を低減することができる。特に、第1の部分の電極指の膜厚が第2の部分の電極指の膜厚よりも薄くされている場合、バルク波の放射が最も発生するIDT-IDT間の間隔において、バルク波放射による損失を低減することができるので、広帯域幅を維持したまま、挿入損失をより一層低減することができる。

【0146】複数段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタが縦続接続されている構成において、少なくとも1つの段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける第1の部分の電極指の周期が、他の段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける第1の部分の電極指の周期と異なる場合には、VSWRの悪化を招くことなく、通過帯域幅をより一層広げることが可能となる。

【0147】特に、複数段の縦結合共振子型弾性表面波

フィルタの各段において、上記第1の部分の電極指の周期が異ならされている場合、効果的に通過帯域幅を広げることができる。

【0148】少なくとも1つの直列共振子及び／または並列共振子が入力側及び／または出力側に接続されている場合には、本発明に従って通過帯域内の挿入損失を低減し得るだけでなく、通過帯域外の減衰量の拡大を図ることができる。

【0149】本発明の縦結合共振子型弾性表面波フィルタは、平衡—不平衡入出力を有するように構成されてもよく、平衡—平衡入出力を有するように構成されていてよい。

【0150】すなわち、用途に応じて、様々な入出力形式の縦結合共振子型弾性表面波フィルタを容易に提供することができる。また、本発明に係る通信機は、本発明に従って構成された縦結合共振子型弾性表面波フィルタを帯域フィルタとして備えるため、広い帯域幅を有し、かつ低損失の通信機を構成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの略図的平面図。

【図2】従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図3】第1の実施例及び従来例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図4】従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図5】従来の3 IDTタイプの縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造と共振モードとの関係を説明するための模式図。

【図6】第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの第1の部分における電極指ピッチの第2の部分の電極指ピッチに対する比と、伝搬損失の関係を示す図。

【図7】(a)及び(b)は、第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける狭ピッチ電極指の本数が8本の場合及び12本の場合の各反射特性を示す図。

【図8】第1の実施例において、狭ピッチ電極指の本数を変化させた場合のVSWRの変化を示す図。

【図9】第1の実施例の変形例に係る1段の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図10】第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの他の変形例の電極構造を示す模式的平面図。

【図11】第2の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図12】第2の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの共振モードと、第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの共振モードの相違を説明するための図。

【図13】第2の実施例及び第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図14】第3の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図15】(a)～(c)は、それぞれ、第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ、第3の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタ及び第3の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタにおける狭ピッチ電極指の本数のバランスを変えた構造の反射特性を示す図。

【図16】(a)及び(b)は、第3の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタ及び第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性及びVSWR特性を示す図。

【図17】(a)及び(b)は、図15(c)に示した変形例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性及びVSWR特性を示す図。

【図18】(a)及び(b)は、第4の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図及び電極指と交差する方向に沿う要部断面図。

【図19】第4の実施例と第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図20】第5の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図21】第5の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタ及び従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図22】第6の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性及び第1の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図23】第7の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図24】第8の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図25】第8の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの変形例を示す模式的平面図。

【図26】第8の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図27】第8の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタのさらに他の変形例を示す模式的平面図。

【図28】第8の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図29】第8の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタのさらに他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図30】第8の実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタのさらに他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図31】第9の実施例に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図32】狭ピッチ電極指の本数と通過帯域幅との関係を示す図。

【図33】IDTの中心間距離変化量と伝搬損失の関係を示す図。

【図34】ピッチを小さくしていない電極指間距離の好ましい範囲を説明するための図であり、ピッチを小さくしていない電極指間距離と、良好なフィルタ特性を得られる狭ピッチ電極指本数との関係を示す図。

【図35】本発明に係る縦結合共振子型弾性表面波フィルタを帯域フィルタとして備える通信機を説明するためのブロック図。

【符号の説明】

1…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ  
2…圧電基板  
11, 12, 11A, 11B, 12A, 12B…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ  
13～15…IDT  
13a～13h…電極指  
13f<sub>1</sub>, 13f<sub>2</sub>…分割電極指  
14a～14i…電極指  
15a…電極指  
16, 17…反射器  
18～20…IDT  
19f, 19g…電極指  
20a～20h…電極指  
21, 22…反射器

31…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

32…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

33～37…IDT

41…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

51…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

61…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

62…弾性表面波共振子

71…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

72～74…端子

81, 85, 86, 91…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

87, 88…端子

92, 93, 96, 97…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

101…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

111…縦結合共振子型弾性表面波フィルタ

112～115…端子

160…通信機

161…アンテナ

162…デュプレクサ

163, 166…ミキサ

164…弾性表面波フィルタ

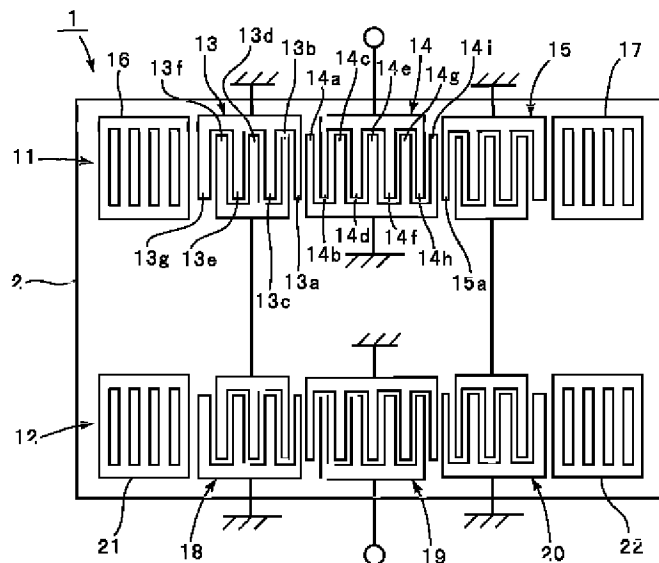
165…増幅器

167…増幅器

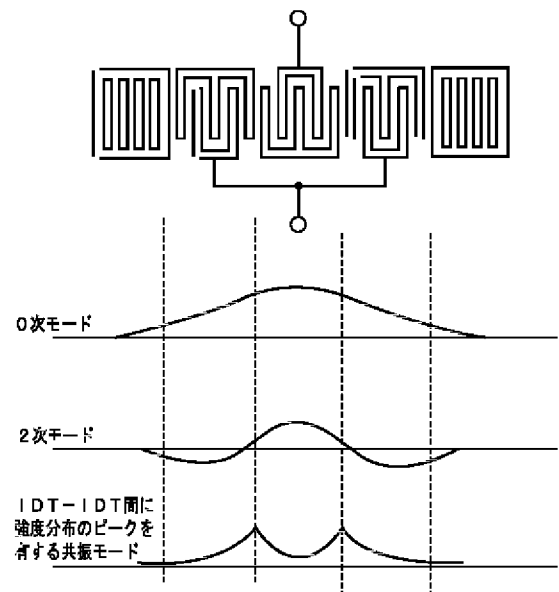
168…弾性表面波フィルタ

169…弾性表面波フィルタ

【図1】

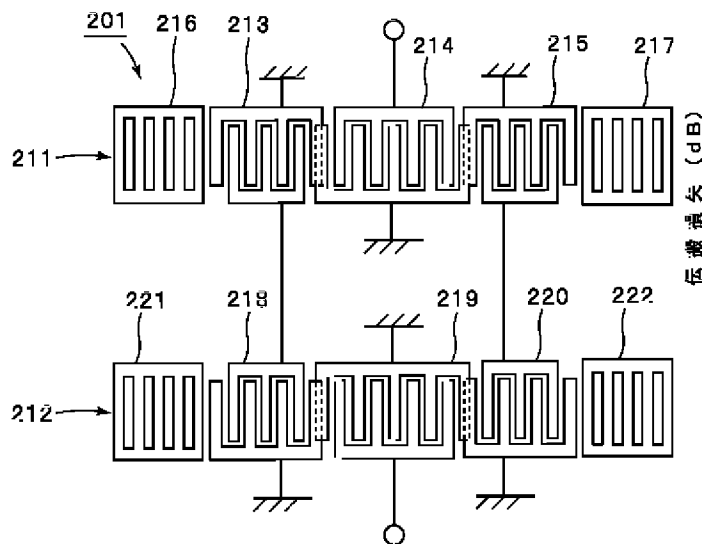


【図5】

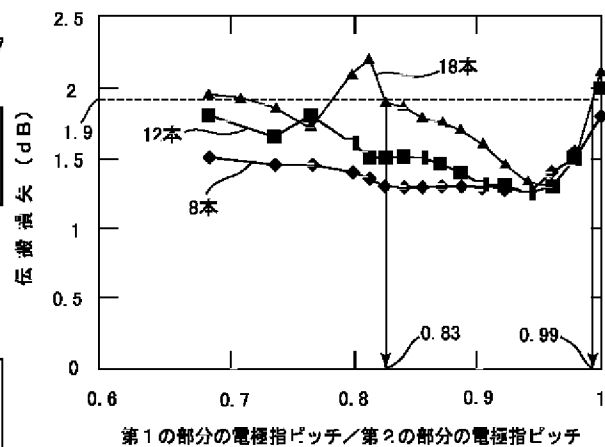




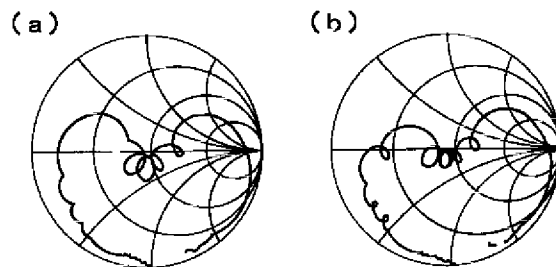
【図2】



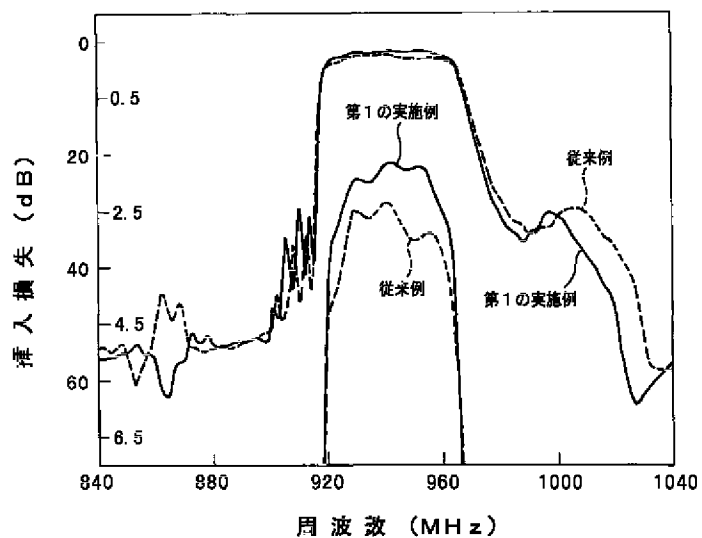
【図6】



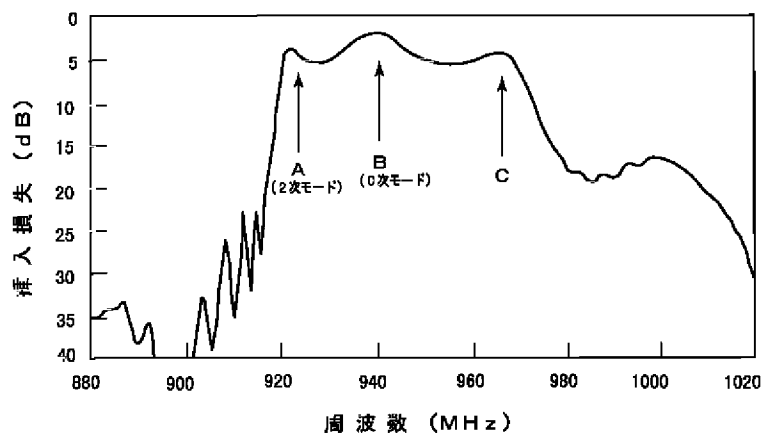
【図7】



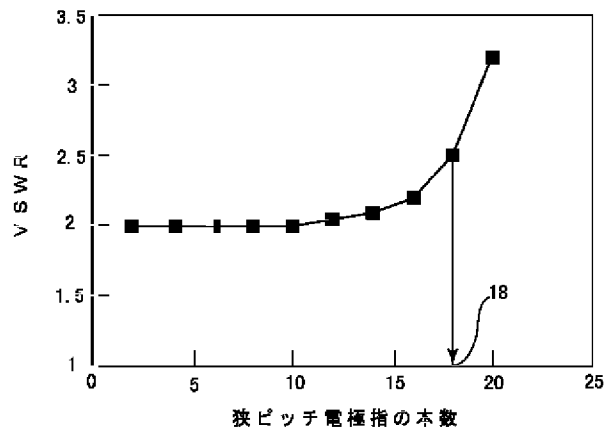
【図3】



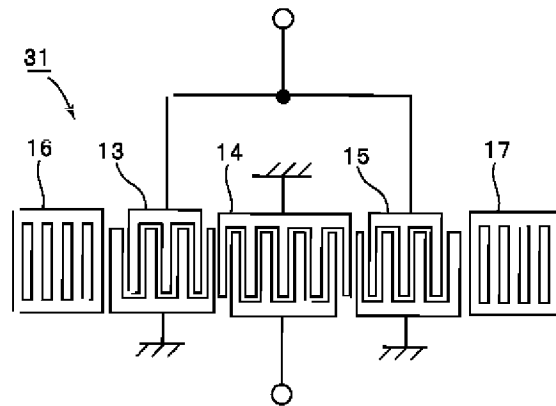
【図4】



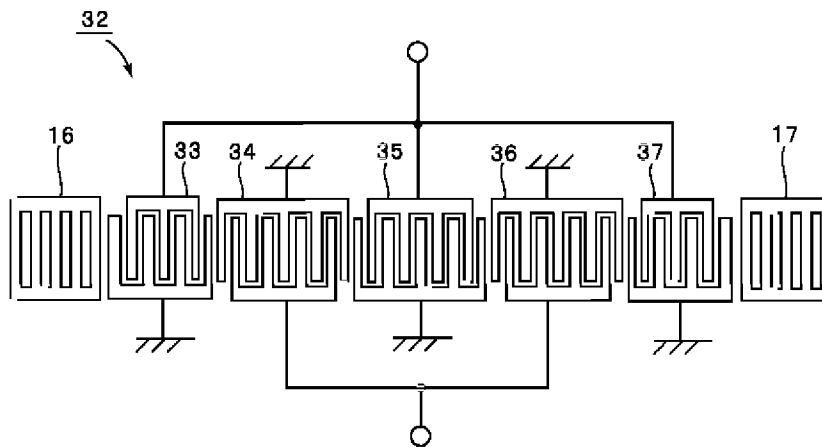
【図8】



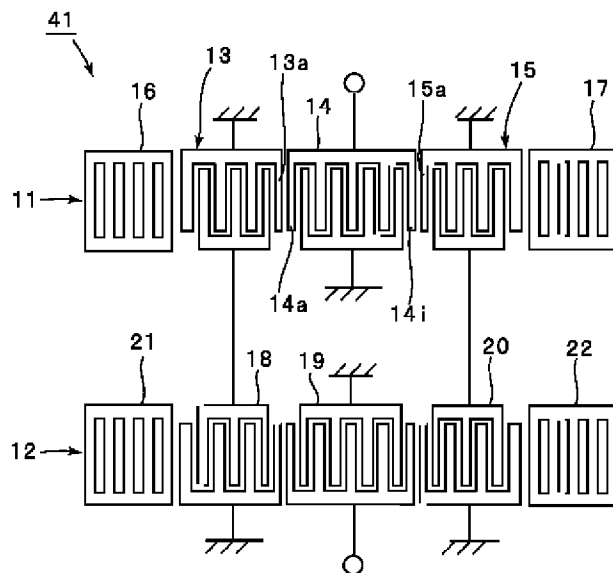
【図9】



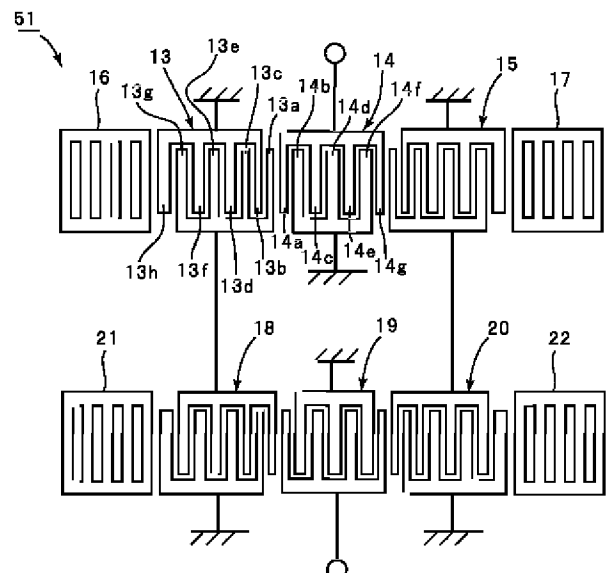
【図10】



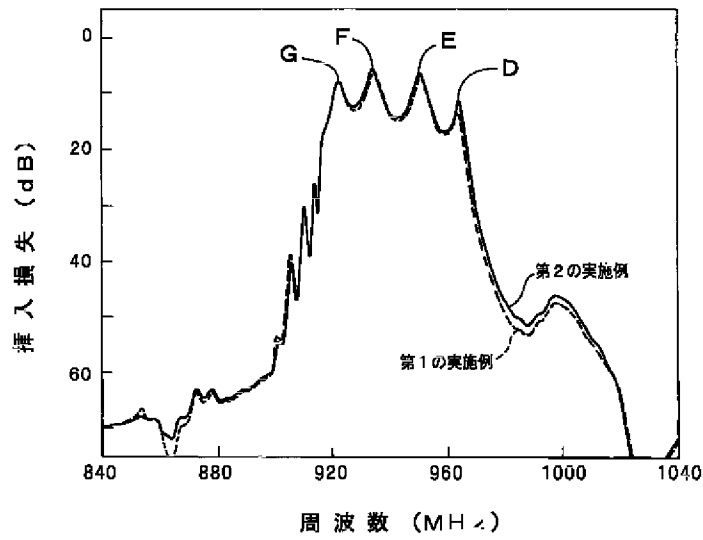
【図11】



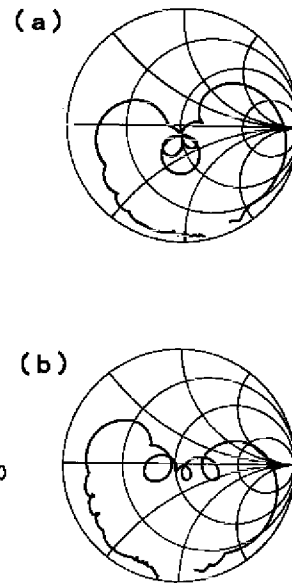
【図14】



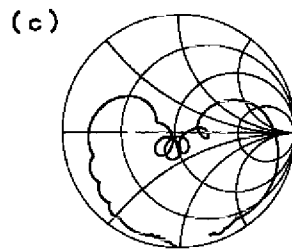
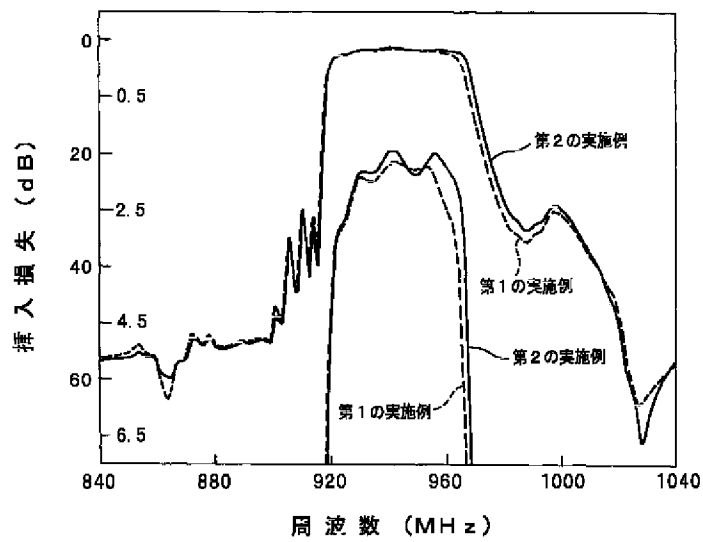
【図12】



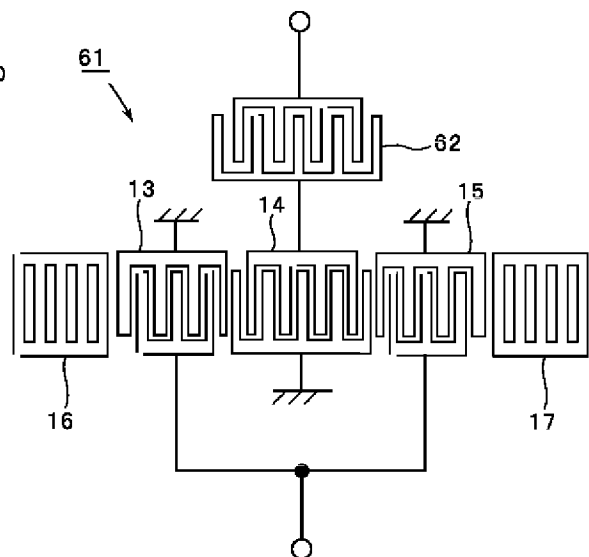
【図15】



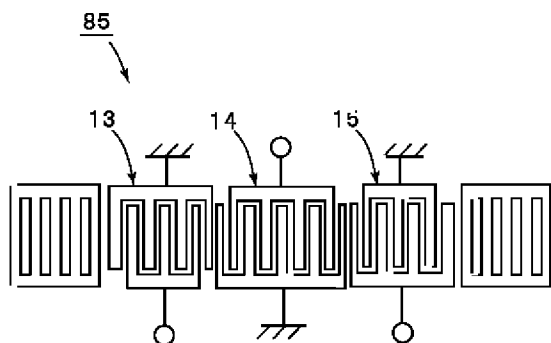
【図13】



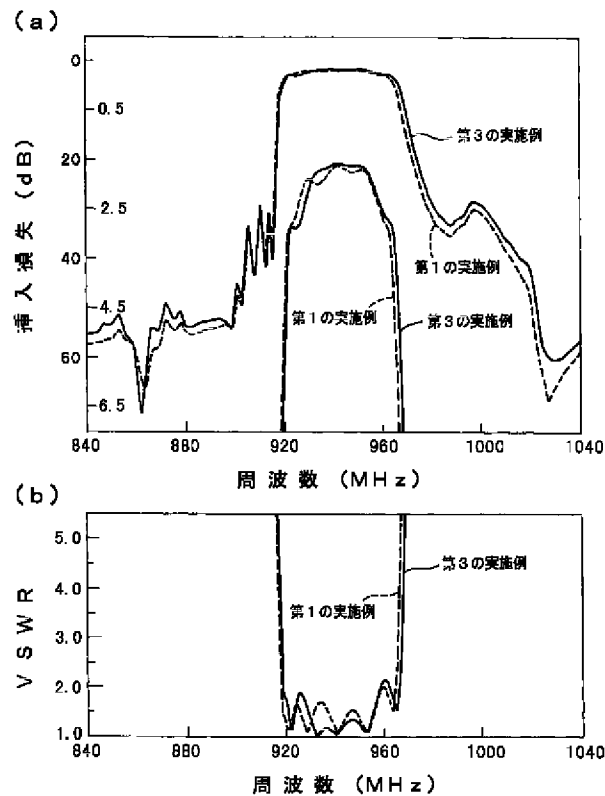
【図23】



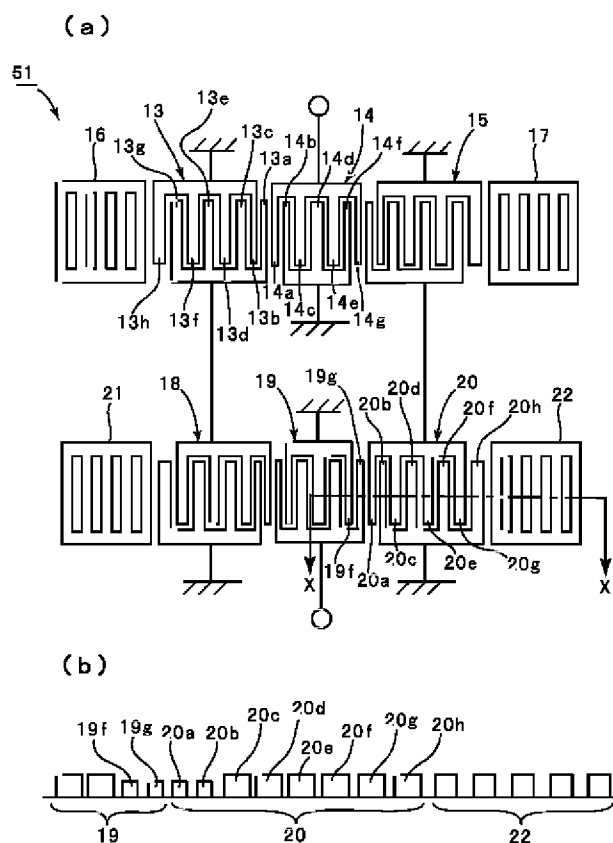
【図26】



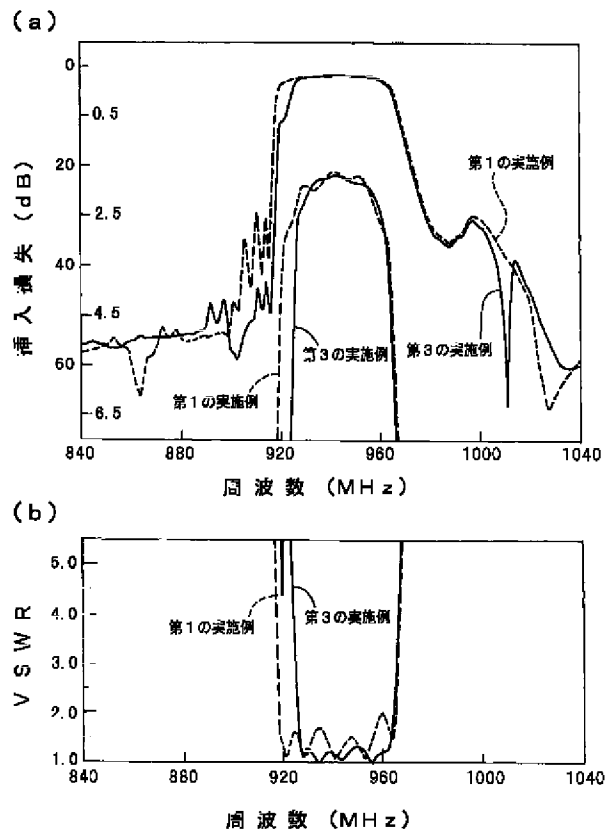
【図16】



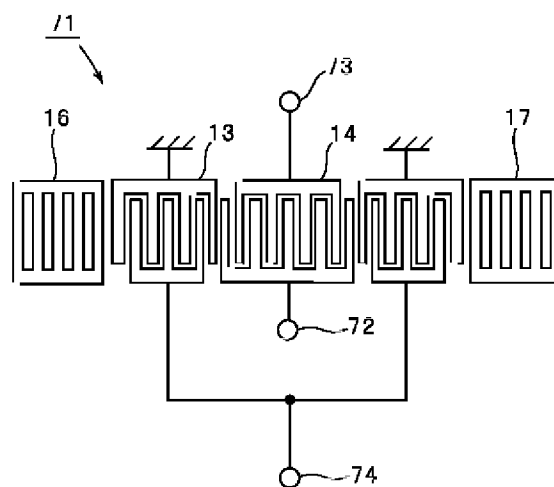
【図18】



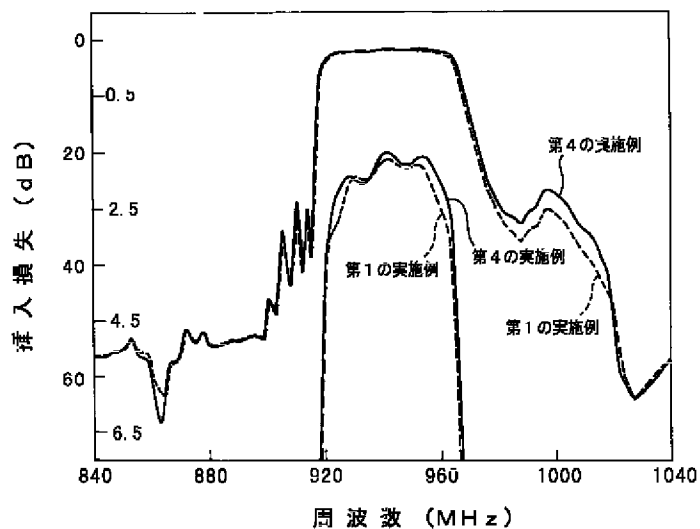
【図17】



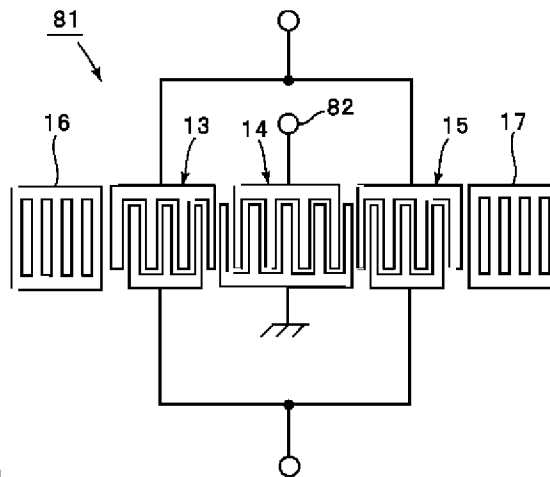
【図24】



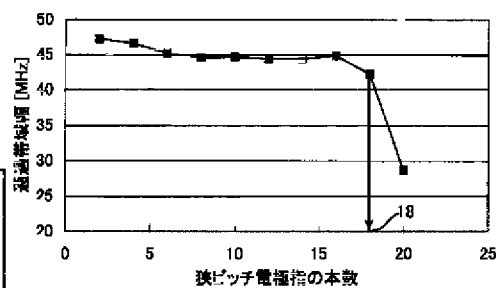
【図19】



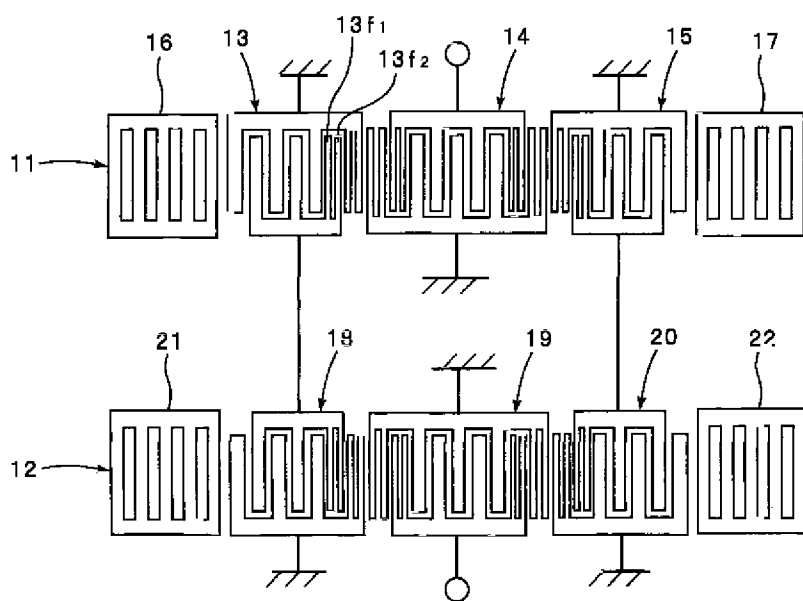
【図25】



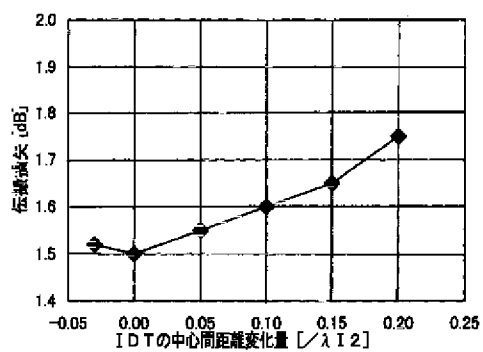
【図32】



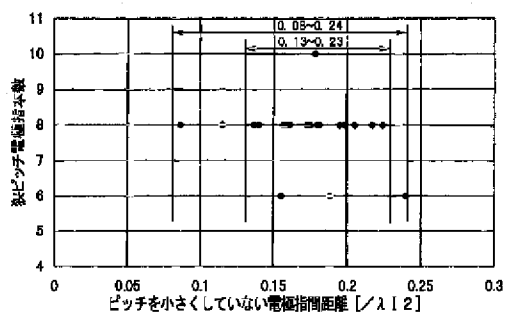
【図20】



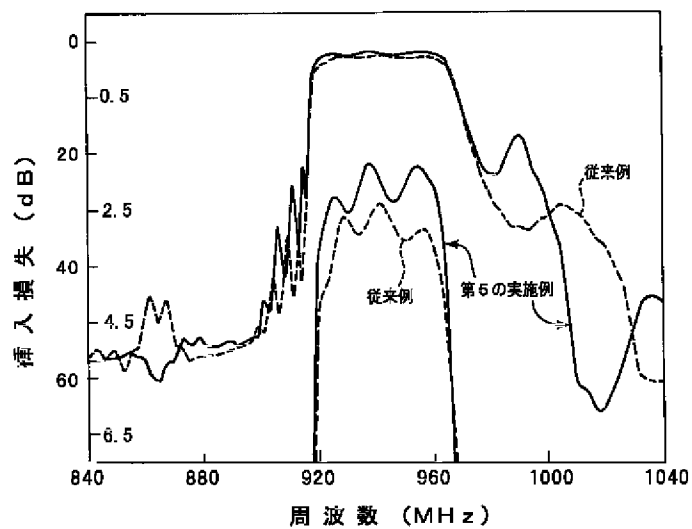
【図33】



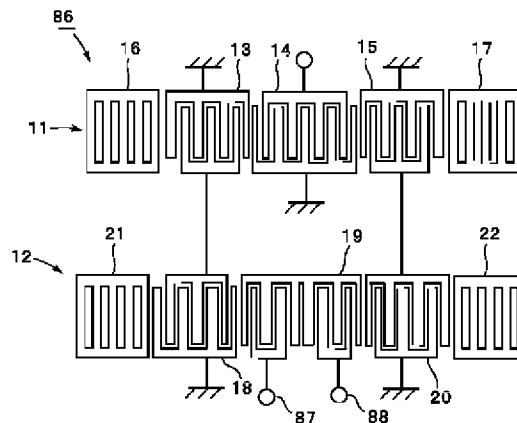
【図34】



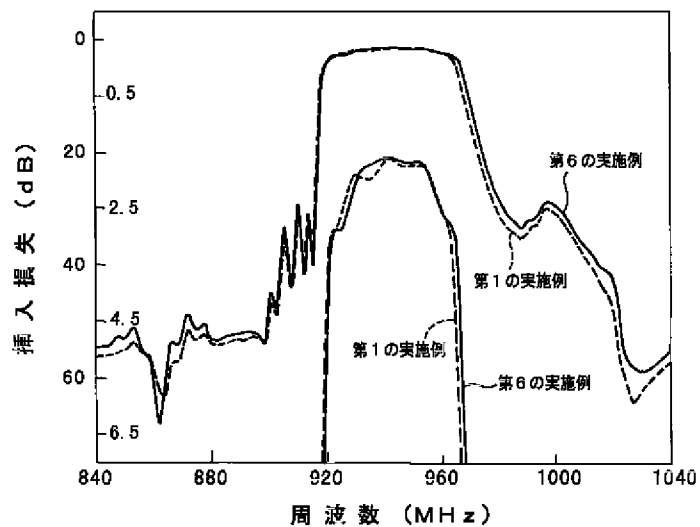
【図21】



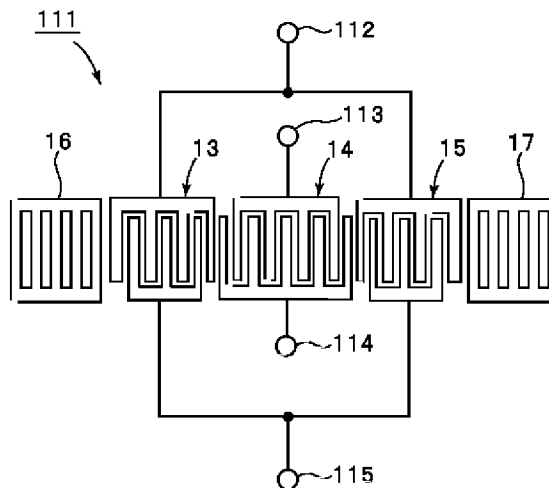
【図27】



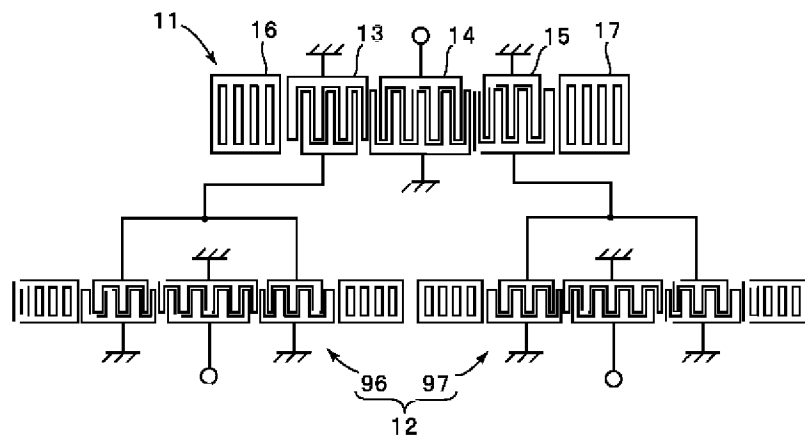
【図22】



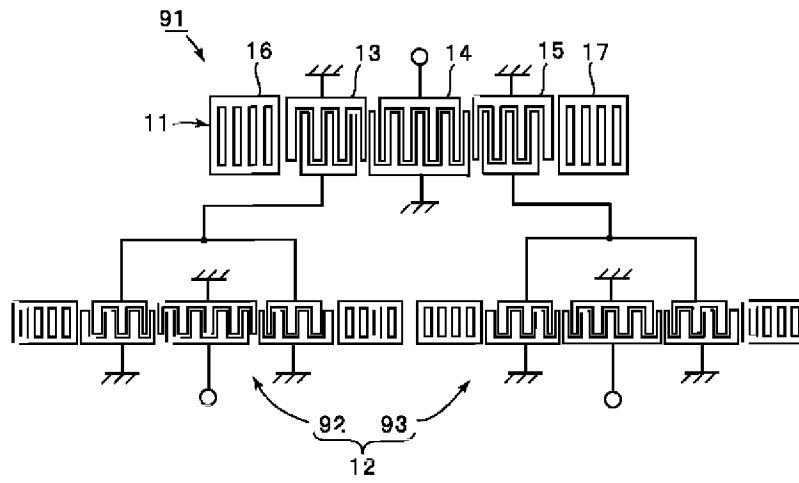
【図31】



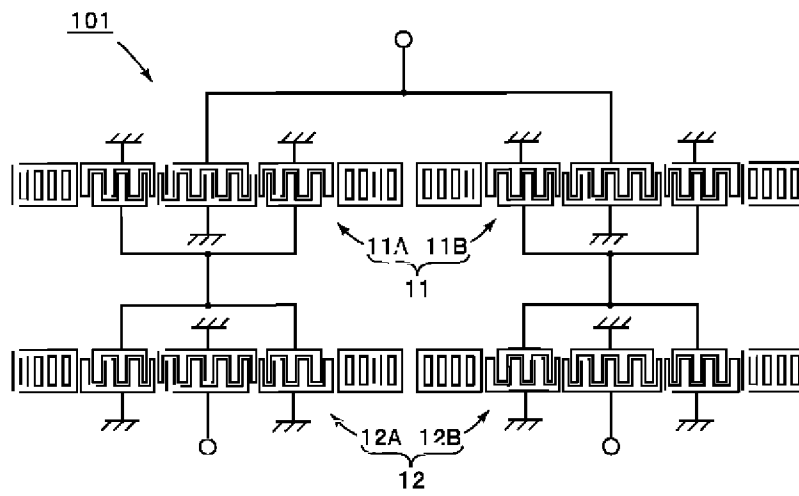
【図29】



【図28】



【図30】



【図35】

